

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002年8月8日 (08.08.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/061488 A1

(51) 国際特許分類: G02B 26/06, G11B 7/125, 7/135

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/00676

(22) 国際出願日: 2002年1月29日 (29.01.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2001-021143 2001年1月30日 (30.01.2001) JP
特願2001-117845 2001年4月17日 (17.04.2001) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市
大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).

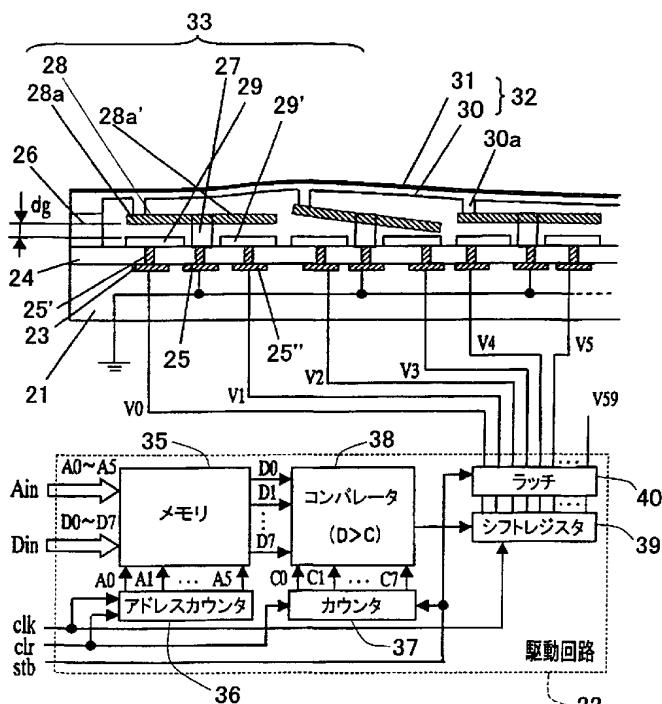
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 虫鹿 由浩
(MUSHIKA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒572-0019 大阪府 寝
屋川市 三井南町 3 0 - 6 - 4 0 9 Osaka (JP). 滝沢 輝
之 (TAKIZAWA, Teruyuki) [JP/JP]; 〒572-0019 大阪府
寝屋川市 三井南町 3 0 - 5 - 7 0 7 Osaka (JP).(74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA, Seiji); 〒540-0038 大阪府
大阪市 中央区内淡路町一丁目 3 番 6 号 片岡ビル 2 階
奥田国際特許事務所 Osaka (JP).(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: VARIABLE MIRROR AND INFORMATION APPARATUS COMPRISING VARIABLE MIRROR

(54) 発明の名称: 可変形ミラー、および当該可変形ミラーを備えた情報装置



22...DRIVE CIRCUIT

35...MEMORY

36...ADDRESS COUNTER

37...COUNTER

38...COMPARATOR

39...SHIFT REGISTER

40...LATCH

(57) Abstract: A variable mirror comprises a substrate, a reflector supported by the substrate and changed in the shape of a reflection region, and drive sections which drive independently regions of the reflector and thereby control the distances between the regions and the substrate. Each of the drive sections comprises electrodes provided on the substrate, a rotary member which rotates on a rotary shaft by being attracted to one selected from among the electrodes, and a working member which changes the distance between a specific region of the reflector and the substrate with the movement of the rotary member.

[続葉有]



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明の可変形ミラーは、基板と、前記基板に支持され、反射領域の形状が変化し得るリフレクタと、リフレクタの複数の部位を独立して駆動し、それによって前記複数の部位と前記基板との距離を制御する複数の駆動部とを備えている。複数の駆動部の各々は、前記基板に設けられた複数の電極と、複数の電極のうちの選択された一方に引き付けられることによって回転軸を中心に回転する回転部材と、回転部材の運動に従ってリフレクタの特定部位と前記基板との距離を変化させる作用部材とを備えている。

明 細 書

可変形ミラー、および当該可変形ミラーを備えた情報装置

技 術 分 野

- 5 本発明は、変位可能な光反射領域を備えた可変形ミラー（deformable mirror）、および媒体からの情報の読み出しおよび／または媒体への情報の書き込みを行うことができる情報装置に関する。本発明は、また、外部の光源から入射した光ビームあるいは内部に備えた光源からの光ビームの波面を検出補正する補償光学装置および波面検出装置に関する。
- 10

背 景 技 術

- 光学的に情報を検出する情報装置の従来例として、光ディスク装置を説明する。光ディスク装置では、レーザー光源から出射された往路光を記録媒体である光ディスクに照射し、反射された復路光の強度変化を検出する。そして、この復路光の強度変化に基づいて、光ディスクに記載されている情報を検出することができる。この種の情報装置では、信頼性の高い再生または記録を行うため、光ビームのスポット形状を良好に保持する必要がある。このためには、光路中で発生する光ビームの波面収差を抑えることが重要である。
- 15
- 20

光ディスク装置の場合、波面収差の発生要因には、光ビームの光軸とディスク記録面との傾き（チルト）、ディスク基材厚の変化、ディスクに付着した指紋等の汚れによる影響等、様々なものがあり、

発生要因により波面収差の種類も異なる。例えば、チルトによる波面収差はコマ収差と非点収差が支配的であり、ディスク基材厚の変化によるものは球面収差が支配的である。

従来、光ピックアップの出力信号から特定の種類の収差を検出してこれを補正する技術が提案されており、こうした構成は、例えば
5 特開 2000-155979 号公報に記載されている。図 26 (a) および (b) を参照して、上記公報に記載されている従来の情報装置を説明する。

この情報装置では、図 26 (a) に示すように、半導体レーザ等の光源 101 から出射された光ビームが、ハーフミラー 302 を通過してコリメートレンズ 303 で略平行光に変換された後、波面変換素子 304 を透過する。波面変換素子 304 を透過した光は、その後、対物レンズ 305 によって光ディスク 306 の基板越しに記録再生情報面上に入射する。
10

光ディスク 306 の記録再生情報面で反射した光ビームは、再び基板を透過し、対物レンズ 305、波面変換素子 304、およびコリメートレンズ 303 を順次透過する。そして、ハーフミラー 302 で反射した後、ホログラム 309 で回折され、信号検出用の光検出器 307 に入射する。
15

光検出器 307 は、情報信号、フォーカス信号やトラッキング信号等の制御信号、および光ビームの収差を検出するピンダイオードなどの光検出素子から構成されている。これらの検出素子は、各信号検出ごとに単独に構成される場合と、機能を統合して複数の機能
20

を兼ねる場合とがある。検出された収差は信号処理回路 308 で処理され、波面変換素子 304 を駆動する。

波面変換素子 304 は、2 枚の硝子基板に挟まれた部分に液晶を封入された素子である。波面変換素子 304 は、光ビームが通過する部分を複数の領域に分け、各々の領域に独立に電圧を印可して対応する部分の屈折率を変化させて波面の位相を変える。

光検出器 307 およびホログラム 309 の一例として、図 26 (b) に波面収差の中でも特にコマ収差を検出するための構成を示す。光ディスクから反射して集光する復路の光ビーム 312 において、 $Y > 0$ の領域の略中央部分 313 を通過する光ビームのみを、領域 313 以外の領域を通過する光ビームから分離して、2 分割された光検出器 317 a, 317 b に集光させ、光スポット 314 を形成させる。ここで、収差が発生していないときに、光スポット 314 は、光検出器 317 a, 317 b の分割線上に合焦して形成されるように構成されている。領域 313 は Y 軸方向にコマ収差が発生しているとき、これ以外の領域を通過する光ビームに対して位相が進んでいるか、又は遅れている光ビームを取り出すことができるように設定される。

領域 313 を通過する光ビームの位相が遅れている場合は、該光ビームは光検出器の検出面より後方に集光するような光ビームとなり、光検出器 317 a の出力は 317 b の出力より大きくなる。逆に領域 313 を通過する光ビームの位相が進んでいる場合は、該光ビームは光検出器の検出面より前方に集光するような光ビームとな

り、光検出器 317 a の出力が 317 b の出力より小さくなる。このようにして、2分割光検出器 317 a, 317 b の出力差信号を検出することにより、コマ収差の量と符号とを判別する。

光検出器 307 およびホログラム 309 の他の例として、図 26
5 (c) に特に球面収差を検出するための構成を示す。光軸 310 は X-Y 座標系の原点を通るものとする。光ディスクから反射して集光する復路の光ビーム 322 において、光軸 310 を中心とする径が異なる 2 つの同心円で挟まれた領域のうちの $Y > 0$ の領域 323 を通過する光ビームのみを、領域 323 以外の領域を通過する光ビ
10 ームから分離して、2分割された光検出器 317 a, 317 b に集光させ、光スポット 324 を形成させる。ここで、収差が発生していないときに、光スポット 324 は、光検出器 317 a, 317 b の分割線上に合焦して形成されるように構成されている。領域 323 は球面収差が発生しているとき、これ以外の領域を通過する光ビ
15 ームに対して位相が進んでいるか、又は遅れている光ビームを取り出すことができるように設定される。

領域 323 を通過する光ビームの位相が遅れている場合は、該光ビームは光検出器の検出面より後方に集光するような光ビームとなり、光検出器 317 a の出力は 317 b の出力より大きくなる。逆
20 に領域 323 を通過する光ビームの位相が進んでいる場合は、該光ビームは光検出器の検出面より前方に集光するような光ビームとなり、光検出器 317 a の出力が 317 b の出力より小さくなる。このようにして、2分割光検出器 317 a, 317 b の出力差信号を

検出することにより、球面収差の量と符号とを判別する。他の収差、例えば非点収差についても、光検出器 307 およびホログラム 309 の配置と形状を最適に設計すればこれを検出することが可能である。

5 また、波面変換素子 304 には液晶方式以外に、柔軟な可変形ミラーを変形させて光路長を制御する可変形ミラー方式があり、この技術内容は特開平 11-14918 号公報に開示されている。これは、柔軟な変形板の表面に金属薄膜を蒸着してミラー面とし、変形板の裏側には所定の間隙をおいて対向する位置に電極を設けたもので、この電極に印加電圧を与えることで変形板を静電力で吸引して
10 変形させる構成となっている。

上記のような情報装置には、以下のような課題がある。

まず第 1 に、波面収差の検出および補正が特定のタイプのものに限定されるため、任意の波面収差に対応することが困難である。例えば、図 26 (b) に示すごとく、Y 軸方向のコマ収差を検出できるようにホログラム 309 および光検出器 307 の設計を行った場合は、これ以外の波面収差 (X 軸方向のコマ収差、球面収差、非点収差、等々) を正確に検出できなくなる。図 26 (c) に示す場合も同様であり、球面収差以外は正確な検出ができない。しかるに一般的波面収差は、既述したようにチルト、ディスク基材の厚さばらつきや復屈折、指紋等の汚れなどの複合要因によって発生し、必ずしも特定のタイプの収差のみが発生する訳ではない。
20

こうした様々な種類の波面収差を精度良く検出することが、特定

の波面収差のパターンに基づく収差検出の構成では困難である。同様に波面収差の補正においても、例えばコマ収差補正用の液晶駆動用の電極パターンと球面収差補正用のそれとは互いに異なり、様々な種類の波面収差を精度良く補正することが特定の波面収差のパターンに基づく収差補正の構成では困難である。

第2に、波面補正の補正範囲と応答性や精度とを両立するのが困難である。液晶を用いた波面変換素子の場合、液晶層を厚くすれば波面の補正範囲を広げることが可能であるが、一方で透過効率の減少や応答速度の低下、電極パターン間での光路長の不連続性の増大に伴う補正精度の劣化を招き、これらの特性を両立することが困難である。また、可変形ミラーによる波面変換素子では、変形板に働く静電力は吸引力だけであるため、従来例のような構成では変形板を電極に近づける方向にしかアクティブな駆動ができないという課題がある。従って、反対方向への駆動力としては一度変形させておいた変形板の復元力によるパッシブな力しかなく、駆動力の対称性を欠いているために制御精度や応答性が低い。また、こうしたパッシブな力を利用して双方向駆動を行うためには、ある程度予め変形させた位置を基準面とせざるを得ないため、駆動感度の個体バラツキなどにより基準面の形状を安定して再現することが難しく、このために補正精度が劣化する。

本発明の主たる目的は、様々な種類の収差に対応でき、高精度で補正範囲が広く、応答性に優れた波面収差の補正が可能な可変形ミラーおよび当該ミラーを備えた情報装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、小型化、低コスト化が容易で相対位置精度の高い補償光学装置および波面検出装置を提供することにある。

発明の開示

5 本発明による可変形ミラーは、基板と、前記基板に支持され、別個に駆動され得る複数の光反射領域を有するリフレクタとを備えた可変形ミラーであって、前記複数の光反射領域の各々を独立して駆動し、それによって各光反射領域と前記基板との配置関係を制御する複数の駆動部を更に備え、前記複数の駆動部の各々は、前記基板
10 に支持された複数の電極と、前記複数の電極のうちの選択された一方に引き付けられることにより、回動軸を中心に回動する回動部材と、前記回動部材の運動に従って、前記反射領域の特定部位と前記基板との距離を変化させる作用部材とを備えている。

 ある好ましい実施形態において、前記複数の駆動部は、それぞれ、
15 対応する反射領域と結合している。

 ある好ましい実施形態において、前記回動部材は、前記回動軸上に配置された支持部と、前記支持部と結合した平板部とを有しており、前記回動部材の前記平板部は、前記回動軸に関して対称な第1導電性部分および第2導電性部分を含み、前記複数の電極は、前記
20 平板部の第1導電性部分に間隙を介して対向する第1電極と、前記平板部の第2導電性部分に間隙を介して対向する第2電極とを含んでいる。

 ある好ましい実施形態において、前記リフレクタの各光反射領域

は、前記作用部材として機能する結合部材を介して、対応する前記駆動部における前記平板部の第1導電性部材および第2導電性部材の一方に結合している。

5 ある好ましい実施形態において、前記複数の駆動部のうちの選択された駆動部において、前記平板部の前記第1導電性部分と前記第1電極との間隔、および前記平板部の前記第2導電性部分と前記第2電極との間隔のいずれか一方を相対的に短くする動作を行うことにより、前記駆動部に結合している前記光反射領域の表面における曲率を変化させることができる。

10 ある好ましい実施形態において、前記動作は、前記選択された駆動部における前記第1電極および前記第2電極のいずれか一方に対して相対的に高い電位を与えることによって実行される。

ある好ましい実施形態において、前記リフレクタは、その周縁が前記基板に固定された変形可能な膜から構成されており、前記膜には
15 予め張力が付与されている。

ある好ましい実施形態において、前記反射膜は、前記基板の熱膨張係数よりも大きな熱膨張係数を有する材料から形成され、前記反射膜は、使用温度に比べて高温下で形成されたものである。

ある好ましい実施形態において、前記結合部材は、前記膜から突出し、前記膜の材料と同一の材料から形成された部分である。
20

ある好ましい実施形態において、各駆動部における前記結合部材と回転軸との距離は、前記基板上における前記駆動部の位置の関数として設定されている。

ある好ましい実施形態において、前記リフレクタは、その周縁よりも内側に位置する固定点において前記基板に固定されている。

ある好ましい実施形態において、前記複数の駆動部のうち、前記固定点に対して相対的に近い位置に配置された駆動部は、前記固定点から相対的に遠い位置に配置された駆動部に比べ、対応する結合部材と回転軸との距離が小さく設定されている。

ある好ましい実施形態において、前記リフレクタは、相互に分離された複数の微小鏡から構成されており、前記複数の微小鏡は、それぞれ、前記複数の駆動部のうちの異なる駆動部に結合され、独立して変位可能である。

ある好ましい実施形態において、前記駆動部に駆動信号が与えられていないとき、前記微小鏡の反射面は、実質的に曲率が零となる仮想的な同一平面上に配列され、前記駆動部に駆動信号が与えられているとき、前記反射面は、前記平面に対して前方または後方に変位する。

ある好ましい実施形態において、前記微小鏡は、前記回転軸に平行な方向を長手方向とする形状を有し、前記駆動部は、前記回転軸と直交する方向を長手方向とする形状を有している。

ある好ましい実施形態において、前記複数の駆動部の選択された駆動部を指定するアドレス信号と、前記アドレス信号によって指定された前記駆動部へ与える駆動信号とを受け取り、前記アドレス信号および前記駆動信号に基づいて、前記選択された駆動部における前記電極に電圧を印加する電圧印加回路を更に備えている。

ある好ましい実施形態において、前記電圧印加回路は、第1のクロック信号によって n （ n は2以上の整数）個の出力値を循環して更新するアドレスカウンタと、第1のクロックを n 分周して発生させた第2のクロック信号によって出力値を更新するカウンタと、前記アドレスカウンタの出力に応じて格納した駆動信号を出力するメモリと、前記メモリの出力と前記カウンタの出力とを比較するコンパレータと、前記コンパレータの出力を第1のクロック信号に応じてシフトするシフトレジスタと、前記シフトレジスタの出力を前記第2のクロック信号に応じてラッチするラッチ部とを備えている。

本発明による情報装置は、光源から出射された往路光を媒体に照射し、前記媒体によって変調された復路光に基づいて前記媒体が保有する情報を検出する情報装置であって、前記復路光の光軸を横切る断面に含まれる複数の検出領域の各々について、前記復路光の波面を検出する波面検出器と、前記往路光および／または復路光の光路中に設けられ、前記光路を横切る面上に配列された複数の駆動部の動作によって前記往路光および／または復路光の光路長を局所的に変化させる波面補正器と、前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記波面補正器に複数の駆動信号を供給し、前記復路光の全体波面を再構成させる制御部とを備えている。

ある好ましい実施形態において、前記制御部は、非対角な変換要素を備えた多入力多出力変換部を有している。

ある好ましい実施形態において、前記波面検出器は、前記検出領域の各々について、独立して前記復路光を偏向する偏向器と、前記

検出領域の各々について、前記偏向器によって偏向された前記復路光を受ける複数の受光部を備えた分割フォトディテクタを有する光検出器とを備え、前記分割フォトディテクタの複数の分割部の各々の出力を比較して、前記復路光の各検出領域における波面を検出する。

ある好ましい実施形態において、前記復路光の強度が相対的に低い部分に配設された検出領域の面積は、前記復路光の強度が相対的に高い部分に配設された検出領域の面積よりも大きく設定されている。

ある好ましい実施形態において、前記復路光は、光路中心からの距離に応じて減少する強度分布を有し、前記光路中心を横切る検出領域の面積は、他の検出領域の面積よりも小さく、前記光路中心から離れるに従って検出領域の面積が大きく設定され、前記光路中心からの距離が同一の検出領域の形状は、相互に略同一であり、前記光路中心に関して回転対称性を有している。

ある好ましい実施形態において、前記媒体は、所定方向に沿在する回折溝を有し、前記複数の検出領域は、前記回折溝による干渉条件に応じて分割されており、同一の前記検出領域内では、前記干渉条件がほぼ同一であるように設定されている。

ある好ましい実施形態において、前記検出領域は、前記回折溝による干渉条件がほぼ同一となる領域が複数の分割されたものである。

ある好ましい実施形態において、前記偏向器は、前記検出領域毎に異なる回折格子パターンを有するホログラムを含み、前記ホログ

ラムは、各検出領域毎に異なる少なくとも2つの偏向方向に復路光を偏向し、前記2つの偏向方向に含まれる第1の偏向方向に偏向された復路光は、第1の分割方向に分割線を設けた第1の分割ディテクタにより受光され、前記2つの偏向方向に含まれる第2の偏向方向に偏向された復路光は、第1の分割方向と少なくとも異なる第2の分割方向に分割線を設けた第2の分割ディテクタにより受光され、前記各分割線で分割されたディテクタ同士の出力を比較して、前記分割線の法線方向である異なる2方向の波面成分が検出される。

ある好ましい実施形態において、復路光に基づいて媒体が保有する情報を検出する媒体情報検出部と、前記媒体情報検出部の出力に基づいて前記波面検出器の出力を有効とするタイミングを生成するタイミング部と、
を備え、前記波面検出器は、前記タイミング部から出力された前記タイミングに基づいて、前記復路光の局所波面を検出する。

ある好ましい実施形態において、前記波面補正器は、前記往路光および／または復路光を反射する反射鏡と、前記反射鏡を静電力により双方向に変位させる複数の駆動部とを備えている。

本発明による情報装置は、光源から出射された往路光を媒体に照射し、前記媒体によって変調された復路光に基づいて前記媒体が保有する情報を検出する情報装置であって、前記復路光の光軸を横切る断面に含まれる複数の検出領域の各々について、前記復路光の波面を検出する波面検出器と、前記往路光および／または復路光の光路中に設けられ、前記光路を横切る面上に配列された複数の駆動部

の動作によって前記往路光および／または復路光の光路長を局所的に変化させる波面補正器と、前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記波面補正器に複数の駆動信号を供給し、前記復路光の全体波面を再構成させる制御部と、

5 を備え、前記波面補正器は、上記何れかに記載の可変形ミラーを備えている。

ある好ましい実施形態において、前記制御部は、波面検出器の出力を積分する積分部と前記積分部の出力を線形変換する非対角な第1の行列演算部とを備えた定常偏差補償部と、前記定常偏差補償部の出力と前記波面検出器の出力とから波面補正器の状態を演算予測する非対角な第2の行列演算部を備えた安定化補償部と、前記定常偏差補償部の出力と前記安定化補償部の出力との和を入力して駆動部への駆動信号を生成する対角変換部とを備えている。

10

ある好ましい実施形態においては、前記対角変換部が非線形演算を行う。

15

ある好ましい実施形態において、出射光の波長が互いに異なる複数の光源と、前記各光源から出射された各波長の往路光を前記媒体に照射する光学系とを備えており、前記波面補正器は、前記光学系の中に配置され、前記波面検出器は、前記媒体によって変調された復路光を各波長毎に分離し、各波長毎に前記復路光の波面を検出する。

20

ある好ましい実施形態において、前記複数の光源から出射された

往路光を集光して媒体に照射する対物レンズを備え、前記対物レンズの前記媒体側の開口数は、選択された光源に応じて、第１の値および前記前記第１の値よりも小さな第２の値のいずれかをとり得る。

ある好ましい実施形態において、前記複数の光源のうちの少なくとも１つの光源は、発散方向の有限系光として機能する往路光を形成し、前記往路光が入射する前記対物レンズの前記媒体側の開口数は、第２の値に設定される。

ある好ましい実施形態において、前記往路光の結像点は、前記対物レンズの手前に形成される。

ある好ましい実施形態において、対物レンズの媒体側の開口数に第１の値をとらしめた場合に保有する情報を適切に検出するように構成された第１の媒体と、前記対物レンズの媒体側の開口数に第２の値をとらしめた場合に保有する情報を適切に検出するように構成された第２の媒体とを受け入れ可能に設け、前記検出が適切に行われたか否かを判別して前記第１の媒体と前記第２の媒体を識別する媒体識別部を設けた情報装置であって、最初に前記対物レンズの媒体側の開口数に前記第２の値をとらしめた状態で前記の媒体識別部により媒体が前記第２の媒体であるか否かを識別させた後に、前記対物レンズの媒体側の開口数に前記第１の値をとらしめた状態で前記の媒体識別部により媒体が前記第１の媒体であるか否かを識別させる。

本発明による更に他の情報装置は、光源から出射された往路光を対物レンズで集光して媒体に照射し、前記媒体によって変調された

復路光に基づいて前記媒体が保有する情報を検出する情報装置であって、前記復路光を複数の検出領域に分割し、前記各検出領域毎の前記復路光の波面を検出する波面検出器と、前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記復路光の全体波面の曲率を表す値を算出する曲率算出部と、前記曲率算出部の出力に基づいて前記対物レンズを制御する対物レンズ制御部を備えている。

本発明による補償光学装置は、光ビームを複数の検出領域に分割して偏向させる偏向器と、前記偏向器によって偏向させられた前記光ビームを受光する位置に配置された光検出器と、前記光検出器の出力に基づいて前記光ビームの波面を補正する波面補正器とを備えた補償光学装置であって、前記偏向器、光検出器、および波面補正器が同一基板上に形成されており、前記光ビームが前記波面補正記録媒体に入射する光路を形成する平行平板状の誘電体部材を更に備えている。

ある好ましい実施形態において、前記誘電体部材は、前記基板の主面に対して非平行な傾斜面を備えたマイクロプリズムから形成されており、前記傾斜面が前記光ビームの入射面または出射面として機能する。

ある好ましい実施形態において、前記光ビームの入射方向または出射方向は、前記マイクロプリズムの傾斜面に対する法線方向と略一致する。

本発明による他の補償光学装置は、前記いずれかの可変形ミラーと、前記可変形ミラーによって反射された光が媒体によって変調さ

れた光を受け取る光検出器とを備え、前記可変形ミラーおよび前記光検出器が同一基板上に集積されている。

本発明による他の情報装置は、上記いずれかの補償光学装置を備えている。

5

図面の簡単な説明

図１は、本発明の実施形態１における情報装置の概略構成図である。

図２（ａ）から（ｄ）は、本発明の実施形態１における波面位相
10 検出器の概略構成図である。

図３は、本発明の実施形態１における可変形ミラーの概略構成図である。

図４は、本発明の実施形態１におけるアクチュエータと反射膜の分解斜視図である。

15 図５（ａ）および（ｂ）は、本発明の実施形態１における可変形ミラーの平面図である。

図６（ａ）および（ｂ）は、本発明の実施形態１における光ビーム波面の偏向動作説明図である。

20 図７（ａ）および（ｂ）は、本発明の実施形態１における可変形ミラーの拡大平面図である。

図８は、本発明の実施形態１における制御部の概略構成図である。

図９は、本発明の実施形態２における情報装置の概略構成図である。

25 図１０（ａ）および（ｂ）は、本発明の実施形態２における青色レーザモジュールと偏光ホログラムとの概略構成図である。

図 1 1 (a) から (c) は、本発明の実施形態 2 におけるフォーカス誤差とフォトディテクタへの集光位置との関係を説明する原理説明図である。

5 図 1 2 (a) から (c) は、本発明の実施形態 2 における情報記録装置のディスク種類別の光学系概要図である。

図 1 3 は、本発明の実施形態 3 における可変形ミラーの概略構成図である。

図 1 4 (a) および (b) は、本発明の実施形態 4 における可変形ミラーの概略構成図である。

10 図 1 5 は、本発明の実施形態 4 におけるアクチュエータと反射鏡の配置図である。

図 1 6 (a) および (b) は、本発明の実施形態 5 における可変形ミラーの概略構成図である。

15 図 1 7 は、本発明の実施形態 6 における補償光学装置の概略構成図である。

図 1 8 は、本発明の実施形態 6 おける可変形ミラーの拡大分解斜視図である。

図 1 9 は、本発明の実施形態 6 における可変形ミラーの概略構成図である。

20 図 2 0 (a) および (b) は、本発明の実施形態 6 におけるホログラムの概略構成図である。

図 2 1 (a) から (c) は、本発明の実施形態 6 における光検出器の概略構成図である。

図 2 2 は、本発明の実施形態 6 における制御部の概略構成図であ

る。

図23は、本発明の実施形態7における補償光学装置の概略構成図である。

5 図24は、本発明の実施形態8における補償光学装置の概略構成図である。

図25(a)は、本発明による実施形態9における情報装置の概略構成図であり、図25(b)は当該情報装置に用いる補償光学装置の斜視図である。

10 図26(a)から(c)は、従来の情報装置の一例を示した構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

(実施形態1)

15 まず図1を参照しながら、本発明の情報装置の実施形態を説明する。図1は、本実施形態の概略構成図である。図1の情報装置においては、光源となるレーザ波長405nmのGaN系青紫色半導体レーザ1が記録媒体に対する「書き込み／読み出し光」として機能するレーザ光を出射する。半導体レーザ1から出射された光は、コ
20 リメートレンズ2によって略平行光に変換された後、整形プリズム3に入射する。整形プリズム3は、屈折率の異なる2つの硝子材を貼り合わせて色収差を低減させるよう構成されており、楕円形のビームを円形ビームに整形することができる。

整形プリズム3から出射された光は、偏光ビームスプリッタ4に

よりP偏光とS偏光に分離され、P偏光はレンズ5によって前光モニター6に集光される。前光モニター6は半導体レーザー1の出射光量を一定に保つためのパワー制御を目的とする光検出器であり、この出力は、図示しないレーザー駆動電流制御回路にフィードバックされ、半導体レーザー1の駆動電流が制御される。

一方、偏光ビームスプリッタ4で分離されたS偏光は1/4波長板7を通過して円偏光に変換される。この円偏光は、その波面の位相が可変形ミラー（deformable mirror）8によって補正された後、対物レンズ9によって光ディスク10の記録層上に集光される。

可変形ミラー8は、変形可能な反射膜と、これを変形させる複数のアクチュエータとを備えている。可変形ミラー8によれば、反射膜の複数の位置における変位量を制御することにより、前記複数の位置に対応する光ビームの各部における光路長を調整し、波面の位相を補正することができる。可変形ミラー8の構成の詳細は後述する。

対物レンズ9は、2枚のレンズを組み合わせた組レンズであり、ディスク側の開口数NAは0.75～0.85に設計される。

本実施形態で用いる光ディスク10は、片面2層記録ディスクである。この光ディスク10は、各々の厚さが0.1～0.6mmの2枚のディスク基板と、各ディスク基板上に設けられた相変化記録材料または色素系記録材料からなる記録層とを備えており、2枚の基板は、厚さ30～50μmの透明な接着層を介して貼り合わせられている。

光ディスク 10 の各セクタは、ヘッダ部 10a、ミラー部 10b
とデータ部 10c とを有している。ヘッダ部 10a には、リードチ
ャンネルの PLL 同期基準となる VFO 信号とアドレス信号とがプ
リピットで形成されている。ミラー部 10b は、ヘッダ部 10a に
5 続いて形成されており、プリピット及びグルーブの無い平坦領域で
ある。ミラー部の長さ l_m は、以下の式 1 の関係を満たすように形
成されている。その結果、少なくとも集光されたビームスポット 1
7 の全体がミラー部 10b 内に収まった状態で、後述する波面位相
検出器 16 が光検出を行えるようになっている。本実施形態では、
10 ミラー部の長さ l_m は $5 \sim 10 \mu m$ に設定されている。

【式 1】

$$l_m > \lambda / NA$$

データ部 10c には一定周期でウォブルする深さ $1/6 \lambda$ のグ
ループが形成されており、ランド部およびグルーブ部の双方に記録
15 が行われる。ウォブルから読み出される周期信号は、記録時のクロ
ック同期をとるために用いられる。

ディスク 10 によって反射された光ビームは、対物レンズ 9 によ
って再び略平行光に変換される。その光は可変形ミラー 8 で反射さ
れた後、再び $1/4$ 波長板 7 を通過し、さらに偏光ビームスプリッ
タ 4 を通過してハーフミラー 11 で分割される。ハーフミラー 11
20 で分割されたビームの一方は、集光レンズ 12 によって球面波に変
換される。この球面波は、ホログラム 20 によって複数のビームに

分割され、光検出器 13 に集光される。光検出器 13 は対物レンズ 9 のフォーカス制御及びトラッキング制御を行うための制御検出信号と、ヘッダ部 10a 及びデータ部 10c の記録信号とを検出する。光検出器 13 は、図示しない複数の分割受光領域を備えており、これらの各領域からの出力信号を合成して上記信号を生成する。

フォーカス制御信号は SSD (Spot Size Detection) 法、トラッキング制御信号はプッシュプル法によって作成される。ホログラム 20 のグレーティングパターンおよび光検出器 13 の受光領域形状はこれらの信号が適切に得られるように設計される。

ハーフミラー 11 で分割されたビームの他方は、レンズアレイ 14 と光検出器アレイ 15 とを備えた波面位相検出器 16 に導かれる。波面位相検出器 16 の詳細は後で詳述する。

波面位相検出器 16 の出力は、ビームスポット 17 がミラー部 10b 内にある所定のタイミングでのみサンプリングされ、可変形ミラー 8 の制御に利用される。このタイミングは、ヘッダ部 10a の VFO 信号から作成したクロック信号をカウントすることによって得ることができる。

なお、対物レンズ 9 は、可変形ミラー 8 のアクチュエータが駆動されない状態において、2 層の光ディスク 10 のうち光ビームの入射面に近い第 1 層側にフォーカスした方が第 2 層側にフォーカスした場合よりも収差が小さくなるように設計されている。

次に、図 2 (a) ~ (d) を参照しながら、本実施形態で用いる波面位相検出器 16 を詳しく説明する。図 2 (a) ~ (d) は、波

面位相検出器 16 の概略構成を示している。

波面位相検出器 16、図 2 (a) に示すように、複数の検出領域の各々について、独立して復路光を偏向するレンズアレイ 14 と、検出領域の各々について、レンズアレイ 14 によって偏向された復路光を受ける複数の受光部を備えた光検出器アレイ 15 とを備えている。

レンズアレイ 14 は、それぞれ別個の焦点を有する 19 個のレンズを集積した偏向器であり、光ビーム 18 を局所領域（検出領域）毎に集光することができる。光検出器アレイ 15 は、レンズアレイ 14 の各レンズの焦点に対応する位置に配置された pin 型 4 分割フォトダイオードを有している。

本実施形態では、光ビーム 18 の波面が光軸に直交する平面となる場合、言い換えると、光ビーム 18 が完全な平面波である場合、各レンズの焦点と 4 分割フォトダイオードの各々の分割中心とが一致するように、レンズアレイ 14 と光検出器アレイ 15 との相互位置関係が決定されている。

光検出器アレイ 15 には、これと一体にプリアンプ 19 が設けられており、光検出器アレイ 15 の出力はプリアンプ 19 で増幅演算される。

図 2 (b) は、レンズアレイ 14 の平面レイアウトを示している。レンズアレイ 14 に含まれる各レンズ 14 a ~ 14 s は、概 6 角形状を有するが、各レンズの面積は均一ではない。レンズアレイ 14 の中心に位置する 14 a は最も面積が小さく、レンズアレイ 14 の

中心からの半径位置が大きいものほど面積が大きい。レンズ14b
～14gは互いに形状及び面積が等しく、かつ各レンズの面積を1
4aよりも面積を大きく設定している。さらに、レンズ14b～1
4gに比べてレンズアレイ14の中心から外側に位置するレンズ1
5
4h～14sの各々は、レンズ14b～14gの各々よりも大きな
面積を有するようにレイアウトされている。レンズアレイ14の中
心からの距離に対する各レンズの面積比率の分布は、光ビーム18
の光強度分布の逆数に比例するように設定され、その結果、レンズ
14a～14sの各々が集光する光量が相互に等しくなっている。
10 より詳細に述べれば、光ビーム18の光強度分布は、ガウス分布的
に中心強度が高く周辺強度が低くなっているため、これにあわせて
レンズ14a～14sの面積はレンズアレイ14の中心で小さく、
周辺で大きく設定されている。その結果、平均光強度×レンズ面積
で表現されるレンズ毎の集光光量は、レンズアレイ14の全体でほ
15 ぼ均一になる。従って、図2(c)に示すように、4分割フォトデ
ィテクタ15a～15sの各々が受け取る光の量は互いにほぼ等し
くなり、4分割フォトディテクタ15a～15sの出力信号のS/
N比が均等化される。その結果、4分割フォトディテクタ15a～
15sの全体について、各検出精度を上げることができる。

20 なお、図2(c)では、4分割フォトディテクタ15a～15s
とレンズ14a～14sとの相対位置関係を示すため、対応するレ
ンズの分割形状を2点鎖線で併記している。図2(c)に示すよう
に、4分割フォトディテクタ15a～15sは、各々レンズ14a

～14sの焦点位置に配置されている。具体的には、4分割フォトディテクタ15aは光検出器アレイ15の原点Oに配置され、4分割フォトディテクタ15b～15gは原点Oを中心とする半径r1の同心円上に60°間隔で配置されている。また、4分割フォトディテクタ15h～15sは、原点Oを中心とする半径r2の同心円上に30°間隔で配置されている。

4分割フォトディテクタ15b～15sにおいて、各ディテクタが4分割する2つの分割線は、それぞれ、原点Oに向かう半径方向とこれに直交する接線方向に沿って形成されている。4分割フォトディテクタ15aの場合は、半径方向と接線方向という定義ができないため、例外的に図における水平方向と垂直方向にディテクタ分割線が設けられている。

各4分割フォトディテクタ15a～15sは、1つ1つが各分割部における光量に応じた4チャンネルの信号を出力するため、計19×4チャンネルの信号が生成される。各4チャンネルの信号はプリアンプにおいて増幅、演算されて、光ビームの変位を示す2チャンネルの差信号と1チャンネルの和信号の計3チャンネルの出力信号に変換される。

4分割フォトディテクタ15bを例にとり、図2(d)を用いて出力信号を生成するための構成を説明する。図2(d)は4分割フォトディテクタ15bとプリアンプ19bの構成を示している。図2(d)において、参照符号「R」は原点Oに向かう半径方向を示し、参照符号「T」は、方向Rに直交する接線方向を示している。

4分割フォトディテクタ15bはR方向に延びた分割線とT方向に延びた分割線とにより領域15ba~15bdに分割されている。プリアンプ19bは前段の4つのプリアンプ19ba~19bdと、後段の2つの差動アンプ19be、19bfおよび1つのアンプ19bgの計7つのアンプ群からなる。

領域15baの出力はプリアンプ19ba、19bcに、領域15bbの出力はプリアンプ19bc、19bdに、領域15bcの出力はプリアンプ19bb、19bdに、領域15bdの出力はプリアンプ19ba、19bbにそれぞれ入力され増幅、加算される。プリアンプ19baの出力は差動アンプ19beの+側とアンプ19bgとに、プリアンプ19bbの出力は差動アンプ19bfの+側に、プリアンプ19bcの出力は差動アンプ19bfの-側に、プリアンプ19bdの出力は差動アンプ19beの-側とアンプ19bgとにそれぞれ入力される。これにより、差動アンプ19beは出力Ybt、差動アンプ19bfは出力Ybr、アンプ19bgは出力Sbをそれぞれ出力する。

ここで、出力Ybtは、半径方向Rに延びる分割線の両側の光量差を示し、集光点の接線方向Tへの変位に関わる信号である。この信号を、 $(15ba + 15bd) - (15bb + 15bc)$ と簡単に記載することにする。出力Ybrは、接線方向Bに延びる分割線の両側の光量差を示し、集光点の半径方向Rへの変位に関わる信号である。この信号も、簡単に $(15bc + 15bd) - (15ba + 15bb)$ と表現する。出力Sbは、4領域の光量の総和を示す

信号であり、この信号も ($15b_a + 15b_b + 15b_c + 15b_d$) と記載する。

図示しないが、全ての4分割フォトディテクタ $15a \sim 15s$ に対してプリアンプ $19a \sim 19s$ を設け、それぞれの入出力の関係は上述した $15b$ と $19b$ との関係と同様に設定する。これにより、
5 プリアンプ 19 は $Y_{at} \sim Y_{st}$ 、 $Y_{ar} \sim Y_{sr}$ 、 $S_a \sim S_s$ の信号を出力する。これらの信号に基づいて図1における可変形ミラー8の制御信号を作成する。なお、原点Oにある4分割フォトディテクタ $15a$ については半径方向Rと接線方向Tの定義ができない
10 が、ここでは図における水平方向をR方向、垂直方向をT方向と便宜上決めることにする。

次に、図3～図5を参照しながら可変形ミラー8の構成を説明する。本実施形態の可変形ミラー8は、例えば半導体製造プロセス技術を用いて作製され得る。本実施形態では、複数個のアクチュエータと、各アクチュエータを駆動するための駆動回路とを同一のシリ
15 コン基板上に集積することにより、可変形ミラー8を作製している。

まず、図3を参照する。図3は、本実施形態における可変形ミラー8の概略構成を示している。

本実施形態の可変形ミラー8は、基板21と、基板21に支持され、反射面の形状が変化し得る反射膜（リフレクタ）32と、反射
20 膜32の複数の部位を独立して駆動し、それによって上記複数の部位と基板32との距離を制御する複数の駆動部（アクチュエータ33）を更に備えている。アクチュエータ33で反射膜32の複数の

部位が駆動されると、駆動部位に対応する反射膜 32 の表面部分の形状が変化するため、その表面部分による光の反射状態が変化する。従って、反射膜 32 の連続する表面は、複数のアクチュエータ 32 によって駆動される複数の光反射領域から構成されていると考えることができる。このように本実施形態の可変形ミラーでは、リフレクタとして機能する反射膜 32 は、個別に駆動され得る複数の光反射領域を有している。なお、本発明の可変形ミラーのリフレクタは、相互に分離された複数の微小鏡から構成されていても良い。この場合、各微小鏡の鏡面が各光反射領域として機能する。このような可変形ミラーの実施形態については、あとで詳しく説明する。

各アクチュエータ 33 は、基板 32 に設けられた第 1 の固定電極 29 および第 2 の固定電極 29' と、回動軸を中心に回動する回動部材（ヨーク 28）と、ヨーク 28 の運動に従って反射膜 32 の特定部位と基板 21 との距離を変化させる作用部材（結合突起 30 a）とを備えている。

ヨーク 28 は、回動軸上に配置された支持部（支持ポスト 27）と、支持ポスト 27 と結合した平板部とを有している。平板部は、回動軸に関して対称な第 1 導電性部分（第 1 の部分 28 a）および第 2 導電性部分（第 2 の部分 28 b）を有している。ヨーク 28 の第 1 の部分 28 a および第 2 の部分 28 b は、それぞれ、第 1 の固定電極 29 および第 2 の固定電極 29' と間隙を介して対向している。

各アクチュエータ 33 は、それぞれ、反射膜 32 の対応する部位

と結合しており、反射膜 32 の所定部位の位置を双方向に駆動することができる。言い換えると、反射膜 32 の所定部位は、反射膜から延びる結合突起 30 a を介して、対応するヨーク 28 の第 1 の部分 28 a または第 2 の部分 28 b のいずれかに結合している。そして、反射膜 32 の上記所定部位は、基板に対して略垂直な方向にストローク動作によって変位することができる。このストロークの大きさは、光の波長の 2 倍程度またはそれ以下であるため、反射光の位相を高い精度で変調することが可能である。

動作時において、選択された駆動部における第 1 の固定電極 29 および第 2 の固定電極 29' のいずれか一方に対して相対的に高い電位を与えると、高電位の固定電極は、ヨーク 28 の第 1 の部分 28 a および第 2 の部分 28 b のうちの対向する部分を静電力で引きつける。その結果、ヨーク 28 の第 1 の部分 28 a と第 1 の固定電極 29 との間隔、およびヨーク 28 の第 2 の部分 28 b と第 2 の固定電極 29' との間隔のいずれか一方が相対的に短くなる。こうして、上記の選択された駆動部に結合している反射膜 32 の該当部位の曲率が変化することになる。このような構成のアクチュエータによれば、反射膜 32 の局所的な変位が、基板から遠ざかる方向に対しても、基板に近づく方向に対しても、アクチュエータの駆動力によって速やかに生じることになる。

反射膜 32 は、その周縁が基板 21 に固定された変形可能な膜から形成されており、反射膜 32 には予め張力が付与されている。このため、第 1 の固定電極 29 および第 2 の固定電極 29' が等電位

になると、反射膜 3 2 は速やかに元の平坦な形状に復帰することになる。

本実施形態では、基板 2 1 はシリコンウェハから形成され、基板 2 1 上に CMOS の駆動回路 2 2 が集積されている。図 3 においては、駆動回路 2 2 のブロック構成のみを図示し、CMOS を構成する n チャネル MOSFET および p チャネル MOSFET の具体的な断面構成は図示していない。ただし、駆動回路 2 2 の最上層である A 1 配線層 2 3 は模式的に図示している。配線層 2 3 の上には、 SiO_2 系または SiN 系の材料から形成された絶縁層 2 4 が設けられている。絶縁層 2 4 の上面は、CMP (Chemical Mechanical Polishing) によって平坦化されている。絶縁層 2 4 には、上層の電極と下層の配線層 2 3 とを電氣的に接触させるための、開口部 (ビア) が設けられている。

本実施形態の場合、絶縁層 2 4 上に形成されているアクチュエータの個数は全部で 3 0 個であるが、図 3 では簡単化のため基板の周縁 2 6 の近傍に位置する 3 個のアクチュエータのみを記載している。

次に、図 4 を参照してアクチュエータ 3 3 の構造を更に詳細に説明する。図 4 は、本実施形態におけるアクチュエータ 3 3 および反射膜 3 2 の分解斜視図である。

本実施形態のアクチュエータ 3 3 は、図 4 に図示していない基板の絶縁層上に形成されたベース 3 4 を有している。ベース 3 4 は、第 1 および第 2 の固定電極 2 9、2 9' と同一の材料からなる形成されており、好ましくは、A 1 などの金属膜をパターニングするこ

とにより、第１および第２の固定電極２９、２９’とともに作製される。

ベース３４は、一点鎖線で示した支持ポスト取付部３４ａと、ヨーク２８が最大限回動した場合にこれと当接するヨーク当接部３４
5 b、３４b’を備えている。このため、ヨーク２８が第１および第２の固定電極２９、２９’と接触することが防止される。

第１の固定電極２９および第２の固定電極２９’は、支持ポスト
25が形成するヨーク２８の回動軸Ａをはさんで略対称の位置に設けられている。ヨーク２８は概平板形状を有し、ヒンジ部２８bを
10 介して支持ポスト２５と接続している。ヨーク３８は、ヒンジ部２８bのねじり変形によって回動軸Ａを中心に回動可能である。

ヨーク２８は、回動軸Ａをはさんで互いに左右反対の位置に振り分けられた第１の部分２８aと第２の部分２８a’を有して、第
1 １の部分２８aは間隙をおいて第１の固定電極２９に対向する位置
15 にあり、第２の部分２８a’は間隙をおいて第２の固定電極２９’
に対向する位置にある。また、ヨーク２８は一点鎖線で示すヨーク遊端２８cにおいて結合突起３０aと結合している。

ヨーク遊端２８cは、ヨーク２８の第１の部分２８aの領域内にあり、回動軸Ａから所定の距離だけ離れた位置にある。後述するよ
20 うにこの距離はアクチュエータ毎に異ならせることができる。ヨーク２８と支持ポスト２５とは、同一のＡ１層をエッチングすることによって形成され得る。ヨーク２８および支持ポスト２５は、ベース
34とともに導電性を有し、しかも、電氣的に相互接続されているた

め、ヨーク２８の電位はベース３４の電位と同一である。

本実施形態の反射膜３２は、 SiO_2 系または SiN 系の絶縁体からなる基材膜３０と、その上面に形成した Al または Au 材料の反射層３１とを含んでいる。反射層３１は基材膜３０上に金属層を薄く蒸着することによって作製され得る。

結合突起３０ａは、基材膜３０と同一の膜形成プロセスの中で形成され、基材膜３０をヨーク２８に結合する機能を有している。結合突起３０ａが設けられる場所以外の場所においては、ヨーク２８と基材膜３０との間には間隙が設けられている。この間隙の存在により、ヨーク２８が回転しても基材膜３０とヨーク２８とが結合突起３０ａ以外の部分で直接的に接触することを防止することができる。

ヨーク２８と基材膜３０との間の間隙、およびヨーク２８と第１および第２の固定電極２９、２９'との間の間隙は、例えば、次のように作製される。すなわち、ミラーの製造段階において、上記の間隙にあたる部分に有機材料からなる犠牲層を形成した後、最後にプラズマエッチングなどの方法で犠牲層を除去する。ここで、基材膜３０は、この犠牲層を除去する前に、反射面をCMPにより平坦化処理されている。CMP処理時には基材膜３０に膜面と垂直方向に応力がかかるが、犠牲層があるために基材膜３０の変形が抑えられ、CMP処理後の反射面の加工精度を高めることが可能である。上記平坦化処理の後に犠牲層を除去することにより、平面度の高い反射面を得ることができる。

第１の固定電極２９とヨーク２８との間に電位差を与えると、前述のように、第１の部分２８ａが静電力によって第１の固定電極２９に近接する方向に吸引され、その結果、ヨーク２８は回動軸Ａを中心に反時計方向ＣＣＷに回動する。また、第２の固定電極２９’
5 とヨーク２８との間に電位差を与えると、第２の部分２８ａ’が静電力によって第２の固定電極２９’に近接する方向に吸引され、ヨーク２８は回動軸Ａを中心に時計方向ＣＷに回動する。

ヨーク２８のＣＣＷ方向およびＣＷ方向の回動は、結合突起３０
aを介して反射膜３２を上下方向に駆動する駆動力として伝達され、
10 反射膜３２は基板に近接する方向と基板から離間する方向の双方向に変形可能に設けられる。

上述のように本実施形態では、ヨーク２８が回動軸Ａをはさんで反対側の位置に振り分けられた第１の部分２８ａと第２の部分２８
a’を備え、しかも、第１の固定電極２９を第１の部分２８ａに対
15 向させ、第２の固定電極２９’を第２の部分２８ａ’に対向させている。しかも、第１の部分２８ａに結合突起３０aを介して反射膜
３２を結合させている。このような構成を採用しているため、反射
膜３２の所定部位を基板２１に近づけたり、基板２１から遠ざける
ことができ、反射面３２の複数の局所領域を双方向へアクティブ
20 に駆動することができる。こうして、本実施形態によれば、駆動の
対称性が高く、制御精度や応答性に優れた可変形ミラーを提供する
ことができる。

なお、第１の固定電極２９や第２の固定電極２９’にヨーク２８

に対する電位差を与えない状態、すなわち駆動信号を与えない状態（中立状態）では、反射膜 32 は CMP 加工により得られた平面精度の高い反射面を保持する。本実施形態の可変位ミラーでは、上記の中立状態における反射面の位置を中立点とし、この中立点に対して双方向へ反射面の位置を駆動する。従来の可変形ミラーでは、反射面を中立点に配置するには、反射膜に初期変形を与えることが必要であるが、本実施形態では、そのような初期変形が不要になる。従って、本実施形態では、初期変形時における駆動感度のバラツキなどに起因する中立点の再現性劣化の問題がなく、補正精度の高い可変形ミラーを提供することができる。

なお、ヨーク当接部 34b、34b' はヨーク 28 が第 1 および第 2 の固定電極 29、29' と接触することを防止しているため、両者間のショートを確実に防止することができる。

再び図 3 を参照する。

ヨーク２８は、支持ポスト２７およびビア２５を介して配線層２３に接続され、動作時におけるヨーク２８の電位は、常に接地電位（以下、この電位を「Ｌ」とする。）に保たれている。第１および第２の固定電極２９、２９′は、それぞれ、ビア２５′、２５″によって配線層２３に接続されているため、第１固定電極２９の電位はＶ０に制御され、第２の固定電極２９′の電位はＶ１に制御される。

第1および第2の固定電極29、29'の電位は、駆動回路22により、接地電位と、相対的に高い電位（電位H）との間で切替

えられる。「高電位」は、例えば、5 Vに設定され得る。電位V0およびV1の一方はのみが電位Hに制御される。ヨーク28は、静電力により、電位Hの固定電極側に吸引され、その結果、時計方向あるいは反時計方向に回動力が発生する。回動力の大きさは、電位Hの状態に保持する時間を例えば8ビットで表現される複数のレベル（256段階）に制御して調節することが可能である。回動力を発生させない場合には、電位V0およびV1をL電位に設定される。

なお、基材膜30とヨーク28との間の隙間及びヨーク28と第1および第2の固定電極29、29'との隙間dgは、それぞれ、2～15 μm程度に設定するのが好ましい。本実施形態では、隙間dgの設計値をどちらも5 μmとしている。また、基材膜30の膜厚は、0.5～3 μmが好ましい。本実施形態の設計値は1.2 μmとしている。反射膜31の厚さは、例えば0.1 μm以下に設定される。

駆動回路22は、アクチュエータの各固定電極のアドレスAinと駆動力を表す制御データDinとを受け取り、各固定電極への出力電圧V0～V59のH/Lの時間制御を行う。駆動回路22は、メモリ35、アドレスカウンタ36、カウンタ37、コンパレータ38、シフトレジスタ39、ラッチ40から構成されている。

メモリ35は60個の固定電極（＝アクチュエータ数30×2）の制御データを記憶する8ビット幅のメモリである。アドレスは6ビット（＝64）であり、このうち60のみが有効に使用される。アドレスカウンタ36はメモリ35に6ビットのアドレスを与え、

60個の制御データをシリアルに送出させる。アドレスカウンタ36は、初期化(c l r)信号でリセットされ、クロック(c l k)信号によりカウントアップされる。カウンタ37は初期化(c l r)信号でリセットされ、60個の制御データを読み出した後スト
5 ロープ(s t b)信号によりカウントアップする8ビットのインクリメンタルカウンタである。

コンパレータ38はカウンタ37の出力とメモリ35の8ビットデータとを比較し、シフトレジスタ39に1ビットのシリアルデータを送出する。メモリ35のデータがカウンタ37の出力よりも大
10 きければ1(H)、それ以外は0(L)を出力する。シフトレジスタ39はc l k信号に応じて動作する64ビットのシフトレジスタでこのうち60ビットを有効に使用している。ラッチ40はs t b信号に応じてシフトレジスタ39の値をラッチする64ビットのラ
15 ッチで、シフトレジスタ39と同様に60ビットを有効に使用している。

この駆動回路22の動作を説明する。メモリ35に書き込まれている8ビットの制御データは、アドレスカウンタ36により与えられる6ビットのアドレスにより64個(うち有効60個)連続で読み出される。アドレスカウンタ36が一巡し、メモリ35の制御データが全て読み出されると、s t b信号によりシフトレジスタ39
20 に貯えられたデータをラッチ40に記憶すると同時にカウンタ37の出力をカウントアップし、再度メモリ35の内容を最初から読み出す。この周期をTとすると、これがアクチュエータへの通電時間

の最小単位となる。この周期 T をカウンタ37の段数で決まる256回繰り返して通電時間制御を行う訳である。

その時、メモリ35からは毎周期同じ制御データが読み出されるが、1周期ごとにカウンタ37の値が増加していくので、コンパレータ38の出力は、メモリ35の出力がカウンタ37の値以下にな
5 ったものから0になっていく。従って、ラッチ40の出力は入力された制御データ D_{in} に比例して、最小分解能 T で全アクチュエータの固定電極への通電時間を並行して制御できるものになっている。制御周期 $256 \cdot T$ に対する通電時間 $D_{in} \cdot T$ の比を通電時間デ
10 ューティー U と呼び、 U は $0 \sim 255 / 256$ の間の値をとる。

以下、図5を用いて、可変形ミラー8の反射膜形状とアクチュエータの駆動点配置とを説明する。図5は本実施形態における可変形ミラー8の平面図である。

まず、図5(a)を参照する。黒点8a~8adで示した30点
15 はアクチュエータの駆動点である。アクチュエータの駆動点とは結合突起(図3における30a)の位置に相当し、実際に反射膜が上下に駆動される点である。また、×印は光検出器アレイで説明した19個の4分割フォトディテクタに対応する位置を参考として図示している。図が煩雑になるのを防ぐため、後の動作説明で再度取り
20 上げる3つの点15a、15b、15sについてのみ番号を記載しているが、図2(c)で説明した配置位置を左右鏡反転したものとなっている。左右鏡反転になっている理由は、可変形ミラー8と光検出器アレイとが向かい合わせに配置されているため、同一の光ビ

ームに関わる点同士を対応させると丁度右手と左手との関係になるという単純な理由に過ぎない。また、原点 O 、半径 r_1 、 r_2 も図2(c)で説明したものと対応したものになっている。

再び図5(a)を参照する。駆動点 $8a \sim 8f$ は、原点 O を中心にした半径 r_1 の円に外接する六角形の頂点にあり、隣接する2点の
5 中点が×印で示した4分割ディテクタの中心点とほぼ一致する。また、駆動点 $8g \sim 8r$ は、原点 O を中心にした半径 r_2 の円に外接する十二角形の頂点にあり、隣接する2点の中点が×印で示した4分割ディテクタの中心点とほぼ一致する。さらに駆動点 $8s \sim 8$
10 $a d$ は、原点 O を中心にした半径 r_3 の円上に12点が構成されている。これら30個の駆動点における変位制御により、反射膜32の表面形状が設定される。なお、反射膜32は円形状の周縁26及び原点 O 近傍の微小領域において基板と一体化され、変位が規制されている。

ここで、半径 r_3 は可変形ミラーに入射する光ビームのビーム半径よりも大きな値に設定されている。その理由は、周縁26での反射膜32の固定による変位束縛条件が波面位相補正精度に与える影響を極力小さくするためである。また、周縁26の近傍において反射膜32には穴32aが設けられている。これにより、周縁26の変位束縛条件に伴う補正精度劣化を低減することができる。
20

反射膜32には反射光ビームの光量低減を顕著に招かない程度に半径 $1 \sim 2 \mu m$ の小穴32bが多数設けてられている。小穴32bの存在により、以下の2つの効果が得られる。

第1の効果は、制御応答性の改善である。小穴32bが空気の通風口を形成することにより、反射膜32の周囲の空気が反射膜32の移動を阻害する影響を低減することができる。第2の効果は、製造段階において、小孔32bがエッチャントの流入経路を分散させるため、エッチングプロセスの生産性が向上することにある。より詳細には、犠牲層を除去してヨーク周りの隙間を作成するプロセスにおいて、小穴32bが穴32aとが協働してエッチャントの侵入孔として働くため、犠牲層の除去残りの防止やエッチング工程の所要時間の短縮の効果を得ることができる。

図5(b)は、アクチュエータの平面配置レイアウトを示しており、この図示されている状態は、図5(a)の状態から反射膜32を取り除いた状態に対応している。図5(b)におけるアクチュエータ30個の識別のための添字a~adは、図5(a)において駆動点8a~8adの識別添字に対応している。図の煩雑化を防ぐために全ての符号を記載してはいない。

図5(b)からわかるように、アクチュエータ33a~33adは概菱形形状を有し、各アクチュエータにおける駆動点8a~8adの位置を除いて、全て互いに同一の寸法および形状を有している。すなわち、固定電極、支持ポスト、ヨークの形状はアクチュエータどうしで等しい。菱形形状の頂角は、鋭角側が実質的に60度、鈍角側が実質的に120度である。このような形状は、原点Oを中心に6個のアクチュエータを配置したとき、アクチュエータを効率良く配置することができる。

次に、各アクチュエータにおける駆動点の位置を説明する。1点鎖線で示したアクチュエータの回動中心から駆動点までの距離を、内周側のアクチュエータ33a～33fでは L_1 、中周側のアクチュエータ33g～33rでは L_2 、外周側のアクチュエータ33s～33adでは L_3 と設定することにする。本実施形態では、 $L_1 < L_2 < L_3$ の関係が成立している。このようにアクチュエータの回動軸から駆動点までの距離を一定ではなく各アクチュエータ毎に個別に設定することによって、アクチュエータの変位設定範囲を可変に設けている。マイクロマシンとして作製される本実施形態のアクチュエータは、その平面形状が製造プロセスに用いるマスクのパターンで決まるため、個々のアクチュエータ毎に異なる平面形状を与えることは比較的容易である。

これに対して、膜厚方向の寸法は、プロセスの性格上、アクチュエータ毎に異なる値を付与することは困難である。従って、アクチュエータの膜厚方向の変位設定範囲を犠牲層の膜厚で決定するような場合、どのアクチュエータも同じ設定範囲にならざるを得ない。しかし、本実施形態の構成によれば、アクチュエータの回動運動を基板からの距離の変位運動に変換している。このため、アクチュエータの回動中心から駆動点までの距離を異ならせることにより、基板から距離の変位範囲をアクチュエータ毎に設定することができる。

本実施形態における反射膜32は、原点O近傍で基板に固定されている。そして、可変形ミラーは、この原点Oを基準として滑らかに反射膜32を変形させることによって、反射面の形状を高い精度

で制御することができる。このため、原点Oに近い内周側のアクチュエータの変位量は小さく、原点Oから遠い外周側のアクチュエータの変位量は大きくとるのが好ましい。本実施形態では、上記のように $L_1 < L_2 < L_3$ の関係を設定することにより、この条件を実現している。

本実施形態では、内周側のアクチュエータ33a～33fの制御系に誤動作が生じた場合でも、アクチュエータの変位量が相対的に小さいため、ミラー全体に与える誤動作の影響を小さくすることが可能である。また、アクチュエータの変位範囲を小さく設定するほど、変位の分解能と駆動力が向上しやすいため、応答性に優れ、精度の高い制御を行うことができる。

以下、図5と図6を参照しながら、可変形ミラー8の光ビーム偏向動作と光検出器アレイの4分割フォトディテクタの出力との関係を説明する。図6は、本発明の実施形態1における光ビーム波面の偏向動作を示している。

まず、図6(a)を参照して、可変形ミラー8の反射膜32を変位させた場合の復路ビームPの局所波面変化 $\Delta\psi$ を説明する。理解を簡単にするために1次元モデルについて説明する。

光ビームは、往路ビームとして矢印A方向から入射し、反射膜32で反射して図示しない光ディスクに向かい、矢印Bのように反射されて復路ビームとして入射し、再度反射膜32に反射されて矢印Cの方向に出射される。この復路出射ビームをPとする。復路出射ビームPの波面、すなわち電界の同位相面は、全体的に見れば平面

波に収差成分が加えられた高次の曲面となるが、複数の局所に分割して各局所内では高次の成分を無視して扱う近似が可能である。ここでは一次の平面波近似とし、復路出射ビームPの局所波面の変化を、平面波の傾きの変化 $\Delta \psi$ として扱う。反射膜32の変形も一次成分のみを考えると、例えば隣接する駆動点間の距離をL、互いの駆動点の変位量の差を ΔZ として、反射膜32の局所的な傾きを $\theta = \Delta Z / L$ として表すことができる。光ビームの反射角変化は反射膜32の傾き変化の2倍になること、光ビームは往路、復路で計2回反射膜32で反射すること、かつ $\Delta \psi$ は微小量であることから、数式2の関係式が得られる。

【数式2】

$$\Delta \psi = 4 \theta = 4 \Delta Z / L$$

実際の反射膜32面は2次元であるため、直交する2方向について局所傾き θ を制御する必要がある。直交する2方向は、光検出器アレイの4分割フォトディテクタの分割形状に合わせて、円の半径方向と接線方向にとる。この反射膜32の2次元の傾きと駆動点の変位との関係を図5(a)を参照して説明する。まず記号の定義として、反射膜32の駆動点8a～8adにおける変位をそれぞれ $Z_a \sim Z_d$ とする。全アクチュエータを駆動しない状態では、変位 $Z_a \sim Z_d$ は零であり、反射膜32は駆動点8a～8ad、原点O、周縁26の全ての点において実質的に同一平面上にある。変

位 $Z_a \sim Z_d$ は正、負の値をとり得て、紙面手前方向への変位を正、紙面奥方向への変位を負とする。

局所傾きは×印で示す19個の4分割フォトディテクタに対応する位置15a～15sにつき、×印近傍の平均傾きとして、それぞれ半径方向成分 $\theta_{ar} \sim \theta_{sr}$ と接線方向成分 $\theta_{at} \sim \theta_{st}$ の計38個の値を定義する。これらの変位 $Z_a \sim Z_d$ と、半径方向および接線方向の局所傾き $\theta_{ar} \sim \theta_{sr}$ 、 $\theta_{at} \sim \theta_{st}$ との関係について、代表的な3点15b（内周）、15s（外周）、15a（原点）を例にとって説明する。

内周の点15b近傍の局所傾きとして、接線方向 θ_{bt} は数式3のように、駆動点8dと8cとの変位の差を両点間の距離で割ったものを用いる。半径方向 θ_{br} は数式4のように、駆動点8cと8dの中点（すなわち点15b自身）が原点Oとなす傾きと、駆動点8kと8lの中点が原点Oとなす傾きとの平均値を用いる。内周の他の5点15c～15gについても全く同様に $\theta_{ct} \sim \theta_{gt}$ 、 $\theta_{cr} \sim \theta_{gr}$ を与える。

【数式3】

$$\theta_{bt} = \frac{Z_d - Z_c}{2 \cdot r_1 \cdot \tan(\pi/6)} = \frac{Z_d - Z_c}{1.15 \cdot r_1}$$

【数式4】

$$\theta_{br} = -\frac{Z_c + Z_d}{4 \cdot r_1} - \frac{Z_k + Z_l}{4 \cdot r_2}$$

5 外周の点 1 5 s 近傍の局所傾きとして、接線方向 θ_{st} は数式 5 のように、駆動点 8 n と 8 m との変位の差を両点間の距離で割ったものを用いる。半径方向 θ_{sr} は数式 6 のように、駆動点 8 m と 8 n の中点（すなわち点 1 5 s 自身）が駆動点 8 z となす傾きと、
 駆動点 8 d と 8 e の中点が駆動点 8 z となす傾きとの平均値を用いる。外周の他の 1 1 点 1 5 h ~ 1 5 r についても全く同様に $\theta_{ht} \sim \theta_{rt}$ 、 $\theta_{hr} \sim \theta_{rr}$ を与える。

【数式 5】

$$\theta_{st} = \frac{Z_n - Z_m}{2 \cdot r_2 \cdot \tan(\pi/12)} = \frac{Z_n - Z_m}{0.54 \cdot r_2}$$

10

【数式 6】

$$\theta_{sr} = \frac{Z_d + Z_e - 2 \cdot Z_z}{2(r_3 - r_1)} + \frac{Z_m + Z_n - 2 \cdot Z_z}{2(r_3 - r_2)}$$

15

原点 O と重なる点 1 5 a 近傍の局所傾きとして、接線方向 θ_{at} は数式 7 のように、駆動点 8 d と 8 a との変位の差を両点間の距離で割ったものを用いる。半径方向 θ_{ar} は数式 8 のように、駆動点 8 b と 8 c の中点が原点 O に関して形成する傾きと、駆動点 8 e と 8 f の中点が原点 O に関して形成する傾きとの平均値を用いる。

【数式 7】

$$\theta_{at} = \frac{Z_d - Z_a}{2 \cdot r_1 / \cos(\pi/6)} = \frac{Z_d - Z_a}{2.31 \cdot r_1}$$

【数式 8】

$$\theta_{ar} = \frac{Z_e + Z_f - Z_b - Z_c}{4 \cdot r_1}$$

- 5 以上のように、変位 $Z_a \sim Z_d$ と、局所傾き $\theta_{ar} \sim \theta_{sr}$ 、
 $\theta_{at} \sim \theta_{st}$ との関係が求められる。さらに復路出射ビーム P の
波面変化 $\Delta\psi$ を、局所傾き θ と同じ添字表現を用いて、半径方向
成分 $\Delta\psi_{ar} \sim \Delta\psi_{sr}$ 、接線方向成分 $\Delta\psi_{at} \sim \Delta\psi_{st}$ と表
すと、数式 2 を適用して、変位 $Z_a \sim Z_d$ と波面変化 $\Delta\psi_{ar}$
10 $\sim \Delta\psi_{sr}$ 、 $\Delta\psi_{at} \sim \Delta\psi_{st}$ の関係が求められる。

- 次に図 6 (b) を用いて復路ビーム P の局所波面変化 $\Delta\psi$ と光
検出器アレイの 4 分割フォトディテクタの出力との関係を説明する。
これも簡単のために 1 次元モデルとしている。レンズアレイ 14 の
1 つのレンズの平均レンズ径を d 、焦点距離を f とする。このレン
ズによる光ビーム P の焦点は、光ビーム P が収差のない平面波の場合
15 には、一点鎖線で示すように光検出器アレイの 4 分割フォトディ
テクタの分割線と一致するように調整されている。光ビーム P の局
所波面を平面波近似し、この傾き変化 $\Delta\psi$ を与えたときの焦点位
置変位を ε とすると、 ε は数式 9 で与えられる。

【数式 9】

$$\varepsilon = f \cdot \Delta \psi$$

4分割フォトディテクタの出力は図2(d)を用いて説明した記号をそのまま用いて、差信号をY、和信号をSとする。焦点位置における光ビームPの回折限界半径を ω とすると、数式10、数式11の近似が可能である。但し、 λ は光ビームPの波長である。

【数式 10】

$$\omega = f \cdot \lambda / (\pi \cdot d)$$

【数式 11】

$$\frac{Y}{S} = \frac{\varepsilon}{\omega} = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot \Delta \psi$$

数式11から明らかなように、4分割フォトディテクタの出力について、差信号と和信号の比 Y/S は局所波面変化 $\Delta \psi$ に比例すると近似できる。これを2次元に拡張すると、19個の各4分割フォトディテクタ15a~15sの差信号/和信号の比 $Y_{ar}/S_a \sim Y_{sr}/S_s$ 、 $Y_{at}/S_a \sim Y_{st}/S_s$ と局所波面変化 $\Delta \psi_{ar} \sim \Delta \psi_{sr}$ 、 $\Delta \psi_{at} \sim \Delta \psi_{st}$ とを関係付けることができる。

以上数式2~数式11と記載を省略した同等の式から判るように、光検出器アレイの各4分割フォトディテクタの差信号/和信号の比

Y/Sは光ビームPの局所波面変化 $\Delta\psi$ に比例し、この局所波面変化 $\Delta\psi$ が可変形ミラー8の反射膜32の変位Zの一次式で表現されることから、これらの式から $\Delta\psi$ を消去し、Y/SをZの線形表現で表すことができる。

- 5 次に、続けて図5（a）を用いてアクチュエータの駆動力と変位Z_a～Z_{a d}との関係について説明する。駆動点8_a～8_{a d}におけるアクチュエータの駆動力をF_a～F_{a d}とする。駆動力F_a～F_{a d}は正、負の値をとり得て、反射膜32を紙面手前方向へ駆動する駆動力を正、紙面奥方向へ駆動する駆動力を負とする。kを反射膜32の構成により定まる一定値の係数とすると、基本的な考え方としては各駆動点について数式12が成り立つ。ここではF、Z、m、 γ に対する添字（a～a d）は記載を省略している。mは駆動点のZ方向の運動に関わる等価質量、 γ は空気抵抗も含めた粘性係数である。また、 $\Delta Z/L$ は周辺の点との傾きであり、詳細は
- 10 引き続き説明する。

【数式12】

$$F = m \cdot \frac{d^2}{dt^2} Z + \gamma \cdot \frac{d}{dt} Z + k \cdot \frac{\Delta Z}{L}$$

$\Delta Z/L$ で表した項の詳細について、代表的な3点8_a（内周）、8_g（中周）、8_t（外周）を例にとり、図7を用いて説明する。

- 20 図7は本発明の実施形態1における可変形ミラー8の拡大平面図である。まず図7（a）を用いて、内周の駆動点8_aに関する ΔZ

a/Lの詳細を説明する。駆動点8 aの周辺の点としては、原点O、
 駆動点8 b、8 f、8 g、8 rの5点を取り、各点と駆動点8 aと
 の距離をそれぞれL a o、L a b、L a f、L a g、L a rとする。
 また、駆動点8 rと8 aと8 gが成す角を2等分した角度を $\alpha 1$ 、
 5 駆動点8 gと8 aと8 bが成す角を2等分した角度を $\alpha 2$ 、駆動
 点8 bと駆動点8 aと原点Oが成す角を2等分した角度を $\alpha 3$ 、
 原点Oと駆動点8 aと8 fが成す角を2等分した角度を $\alpha 4$ 、駆
 動点8 fと8 aと8 rが成す角を2等分した角度を $\alpha 5$ とする。
 例えば駆動点8 gと駆動点8 aとの平均傾きは $(Z g - Z a) / L$
 10 a gであり、駆動点8 aから見た視野角 $(\alpha 1 + \alpha 2)$ の範囲内は
 この平均傾きが適用されるものと近似する。他の周辺の点も同じよ
 うに考えると数式1 3が得られる。

【数式1 3】

$$\begin{aligned} \frac{\Delta Z a}{L} = & \frac{\alpha 1 + \alpha 2}{2 \pi} \cdot \frac{Z a - Z g}{L a g} + \frac{\alpha 2 + \alpha 3}{2 \pi} \cdot \frac{Z a - Z b}{L a b} \\ & + \frac{\alpha 3 + \alpha 4}{2 \pi} \cdot \frac{Z a}{L a o} + \frac{\alpha 4 + \alpha 5}{2 \pi} \cdot \frac{Z a - Z f}{L a f} \\ & + \frac{\alpha 5 + \alpha 1}{2 \pi} \cdot \frac{Z a - Z r}{L a r} \end{aligned}$$

15 なお、L a o、L a b、L a f、L a g、L a r、 $\alpha 1 \sim \alpha 5$ は
 全て駆動点の配置形状から求まる定数であり、 r_1 、 r_2 の関数で
 表すことができる。他の内周の駆動点8 b～8 fの傾き $\Delta Z b /$
 $L \sim \Delta Z f / L$ も同様に求まる。中周の駆動点8 gに関する ΔZ

g/L についても、考え方は内周の駆動点8 aの場合と全く同じである。駆動点8 gの周辺の点としては、駆動点8 a、8 h、8 r、8 s、8 tの5点を取り、各点と駆動点8 gとの距離と、駆動点8 gから見た視野角を求めて $\Delta Z g/L$ を定式化できる。他の中周の駆動点8 h～8 rの傾き $\Delta Z h/L \sim \Delta Z r/L$ も同様に求まる。

外周の駆動点8 tに関する $\Delta Z t/L$ についても、基本的な考え方は同じであるが、周縁2 6と穴3 2 aの影響を考慮に入れる必要があるため、図7 (b) を用いて説明を行う。駆動点8 tの周辺の点としては、駆動点8 h、8 g、8 s、8 uの4点と周縁2 6とを取り、各点と駆動点8 tとの距離をそれぞれ L_{th} 、 L_{tg} 、 L_{ts} 、 L_{tu} 、 L_t とする。また、2つの穴3 2 aの間の接続部3 2 cの端点 P_1 、 P_1 が駆動点8 tと成す角を β_1 、他の端点 P_3 と駆動点8 tと8 uが成す角を β_1 、駆動点8 uと8 tと8 hが成す角を2等分した角度を β_3 、駆動点8 hと8 tと8 gが成す角を2等分した角度を β_4 、駆動点8 gと8 tと8 sが成す角を2等分した角度を β_5 、駆動点8 sと8 tとさらに他の端点 P_4 が成す角を β_6 とする。以上のような記号を用いて、 $\Delta Z t/L$ は数式1 4と表される。

20 【数式1 4】

$$\begin{aligned} \frac{\Delta Z_t}{L} = & \frac{\beta_1}{2\pi} \cdot \frac{Z_t}{L_t} + \frac{\beta_2 + \beta_3}{2\pi} \cdot \frac{Z_t - Z_u}{L_{tu}} \\ & + \frac{\beta_3 + \beta_4}{2\pi} \cdot \frac{Z_t - Z_h}{L_{th}} + \frac{\beta_4 + \beta_5}{2\pi} \cdot \frac{Z_t - Z_g}{L_{tg}} \\ & + \frac{\beta_5 + \beta_6}{2\pi} \cdot \frac{Z_t - Z_s}{L_{ts}} \end{aligned}$$

L_t 、 L_{tu} 、 L_{th} 、 L_{tg} 、 L_{ts} 、 $\beta_1 \sim \beta_6$ も内周の駆動点と同様に配置形状から求まる定数であり、 r_2 、 r_3 の関数で表すことができる。他の外周の駆動点 $8_u \sim 8_{ad}$ の傾き $\Delta Z_u / L \sim \Delta Z_{ad} / L$ も同様に求まる。このように与えられた $\Delta Z_a / L \sim \Delta Z_{ad} / L$ を数式 12 に適用すると、各アクチュエータの駆動力 $F_a \sim F_{ad}$ は各駆動点の加速度 $d^2(Z_a) / dt^2 \sim d^2(Z_{ad}) / dt^2$ 、各駆動点の速度 $d(Z_a) / dt \sim d(Z_{ad}) / dt$ 、周囲の駆動点も含めた変位 $Z_a \sim Z_{ad}$ の線形表現で表すことができる。

最後に、アクチュエータの固定電極に与える駆動電圧（H状態）の通電時間デューティー U と駆動力 F との関係について説明する。通電時間デューティー U は図 3 において説明した通り、H状態に通電した時間を制御周期で割ったものである。図 3 に示したアクチュエータの構成図からも明らかなように、固定電極 29（あるいは 29'）とヨーク 28 とはコンデンサーを形成し、この静電容量 C_a は数式 15 の近似式で表されるような自身の変位 Z の関数となる。ここで ε_0 は真空誘電率、 S は有効面積、 k' は 1 以下の正の定数

である。 $k' \cdot Z$ の前の±の符号については、固定電極29を駆動する場合には負、固定電極29'を駆動する場合には正とする。

【数式15】

$$C_a = \frac{\epsilon_0 S}{d_g \pm k' \cdot Z}$$

5 駆動力Fは静電エネルギー $C_a V^2 / 2$ の距離方向への偏微分値に通電時間デューティUを乗じたものとして数式16のように近似される。静電容量 C_a と電流径路の抵抗値Rとの積である時定数 $C_a R$ が大きく、電荷移動に時間を要する場合にはFとUとの非線形性は大きくなるが、いずれにしても駆動力Fを、駆動方向の向きに
10 応じて、固定電極への駆動電圧の通電時間デューティU、変位Zの関数として与えることができる。

【数式16】

$$F = \pm \frac{-\epsilon_0 S V^2}{(d_g \pm k' \cdot Z)^2} \cdot U$$

15 以上説明したような、制御入力であるアクチュエータへの駆動電圧の通電時間デューティから検出出力である光検出器アレイの出力信号に至るまでの一連の関係は後述する制御部に設定されており、制御部はこれらを利用して波面位相制御を行う。制御部の多入力多出力制御の説明はベクトル表現で行うのが簡潔であるため、まず記号を定義する。但し、アクチュエータの駆動力F、固定電極への駆

- 動電圧の通電時間デューティー U と変位 Z との関係は、他のアクチュエータからの干渉がない独立な関係であり、かつ非線形であるため、まずは駆動力から光検出器アレイの出力までの関係を線形マトリクス表現で求め、その後駆動力を通電時間デューティーに非線形に個別変換する手法をとり、制御に要する演算の効率を高めている。
- 5 光検出器アレイの出力ベクトル y は数式17で定義され、38個の成分を有する列ベクトルである。

【数式17】

$$y = \left[\frac{Y_{ar}}{S_a}, \frac{Y_{at}}{S_a}, \frac{Y_{br}}{S_b}, \frac{Y_{bt}}{S_b}, \dots, \frac{Y_{sr}}{S_s}, \frac{Y_{st}}{S_s} \right]^T$$

- 10 但し、右肩の T は転置操作を表す。可変形ミラー8の状態ベクトル x は数式18で定義され、変位 $Z_a \sim Z_{ad}$ 及び速度 $d(Z_a)/dt \sim d(Z_{ad})/dt$ の60個の成分を有する列ベクトルである。

【数式18】

$$x = \left[Z_a, Z_b, \dots, Z_{ad}, \frac{dZ_a}{dt}, \frac{dZ_b}{dt}, \dots, \frac{dZ_{ad}}{dt} \right]^T$$

15

アクチュエータの駆動力ベクトル f は数式19で定義され、駆動力 $F_a \sim F_{ad}$ の30個の成分を有する列ベクトルである。

【数式19】

$$f = [F_a, F_b, \dots, F_{ad}]^T$$

アクチュエータの通電時間デューティベクトル u は数式 20 で定義され、通電時間デューティ $U_a \sim U_{ad}$ の 30 個の成分を有する列ベクトルである

5 【数式 20】

$$u = [U_a, U_b, \dots, U_{ad}]^T$$

数式 21 で与えられる d は外乱ベクトルで、ディスクの波面収差等によって生じる 38 個の列ベクトルであり、補正制御の対象である。

10 【数式 21】

$$d = [D_{ar}, D_{at}, D_{br}, D_{bt}, \dots, D_{sr}, D_{st}]^T$$

ベクトル y 、 x 、 f は数式 22～数式 23 の状態方程式に従う。

 【数式 22】

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bf$$

15 【数式 23】

$$y = Cx + d$$

行列 A は 60×60 型、行列 B は 60×30 型、行列 C は 38×60 型の行列関数であり、行列 A、B、C の各成分は、既に説明した数式 2 ～ 数式 14 と記載を省略した同等の式を用いて決定される。行列 A、B、C の成分には零が多く含まれており、このことを明示するために副行列を用いた表示を数式 24 ～ 数式 26 に示す。

【数式 24】

$$A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ A_1 & \lambda_1 \end{bmatrix}$$

【数式 25】

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ \lambda_2 \end{bmatrix}$$

【数式 26】

$$C = \begin{bmatrix} C_1 & 0 \end{bmatrix}$$

但し、0 は零行列、I は 30×30 型の単位行列、 A_1 は 30×30 型の非対角行列、 λ_1 、 λ_2 は 30×30 型の対角行列、 C_1 は 38×30 型の非対角行列である。また、ベクトル x も数式 27 に示すように、変位ベクトル z と速度ベクトル v とから成ることを明示する。

【数式 27】

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{z} \\ \mathbf{v} \end{bmatrix}$$

さて、制御構成の説明に入る。波面位相制御の目的は、ディスク
チルトや基材厚変化等により外乱 \mathbf{d} が発生した場合に、可変形ミラ
ーのアクチュエータに適切な駆動力 \mathbf{f} を与えてミラーの状態 \mathbf{x} を変
5 化させ、出力 \mathbf{y} が常に零ベクトルになるように収束させることにあ
る。この制御動作を実現するための構成を図 8 を用いて説明する。

図 8 は本発明の実施形態 1 における制御部の概略構成図である。
図において、制御部 50 は目標値設定部 51、定常偏差制御部 52、
安定化補償部 53、 \mathbf{f}/\mathbf{u} 変換部 56 から構成され、波面位相検出
器 16 の出力ベクトル \mathbf{y} を入力して、アクチュエータの通電時間デ
10 ューティーベクトル \mathbf{u} を出力する。

目標設定部 51 は波面位相検出器 16 の出力ベクトル \mathbf{y} の目標と
なる目標ベクトル \mathbf{y}_r を設定する。通常の記録再生時には、目標ベ
クトル \mathbf{y}_r は零ベクトルに設定する。しかし、例えば 2 層光ディス
クの合焦点層を切り替える場合のように、予め波面収差が発生する
15 ことが予測でき、その収差による出力 \mathbf{y} の変化の見積もりを行える
場合には、目標設定部 51 は目標ベクトル \mathbf{y}_r をその見積もられた
ベクトルに設定することにより、フィードフォワード制御を行う。

2 層ディスクの合焦点層を切り替える場合の目標ベクトル \mathbf{y}_r の
20 設定方法について説明する。まず屈折率や接着層厚さ等が標準的な
ディスクを想定した場合の層間ジャンプ時に発生する外乱ベクトル
 \mathbf{d} の標準変化量 $\Delta \mathbf{d}$ が予め ROM に設定されている。目標ベクト

ル y_r は、システムを所定時間 t_j だけオープンループ制御したときに予測される出力ベクトル y の変化が Δd と一致するように逆算した値を設定する。所要時間 t_j はオーバーシュートを防ぐため比較的大きな値に設定され、対物レンズの焦点移動に要する時間、

5 すなわち移動動作を開始してから別の層のヘッダ部のアドレスを読み出すまでの時間の標準的な値の2～3倍の時間としている。この所要時間 t_j の値もやはり予め決められた値がROMに設定されている。

定常偏差制御部52は、誤差信号 $y_r - y$ に定常偏差なく追従するために必要な型数 p を実現するために、 p 個の積分器を直列に結合し、各積分器の出力にゲイン行列 $K_1 \sim K_p$ を乗じて加算した積分補償器である。型数 p およびゲイン行列 $K_1 \sim K_p$ の値は応答すべきベクトル y の関数の次数と行列関数 A 、 B 、 C との関係から設計的に求められ、予め決められた関数として設定されている。

15 安定化補償部53は閉ループシステムを漸近安定にするための微分補償器で、ここではオブザーバ54とレギュレータ55とで構成している。オブザーバ54は、波面位相検出器16の出力ベクトル y と、アクチュエータの駆動力ベクトル f とを入力し、状態ベクトル x の推定値ベクトル x' を出力する最小次元オブザーバである。

20 レギュレータ55はフィードバックゲイン行列 F により、状態の推定値ベクトル x' を入力して線形演算した結果を出力する。行列 F には、閉ループシステムの極が複素左平面の適切な位置に配置されて漸近安定となるように、予め設計的に求められた値が設定されて

いる。レギュレータ 55 の出力が定常偏差補償部 52 出力と加算されたものがアクチュエータの駆動力ベクトル f である。

f/u 変換部 56 は、アクチュエータの駆動力ベクトル f を実際の制御信号である通電時間デューティベクトル u に変換する非線形変換部である。 f/u 変換部 56 には駆動力ベクトル f と状態の推定値ベクトル x' とが入力され、各アクチュエータに対応した 30 個の成分について、数式 16 に従い駆動力 F と変位 Z の推定値とから通電時間デューティ U が求められる。より詳しくは、 f/u 変換部 56 は、各アクチュエータについて 2 つある固定電極のいずれを選択するかを選択回路と、予めメモリに非線形関数として定められた値が格納された変換テーブルを持つ。そしてまず駆動力 F の正負の符号に応じて駆動すべき固定電極が選択され、次に変換テーブルに Z と F とをアドレスとして入力すると通電時間デューティ U が得られるように構成されている。これを 30 個のアクチュエータについて行い、通電時間デューティベクトル u を得る。

制御部 50 は既述した可変形ミラー 8 と波面位相検出器 16 との制御対象と共に閉ループシステムを構成する。すなわち、通電時間デューティ u は可変形ミラー 8 に入力され、まずアクチュエータ 33 で駆動力 f を発生する。反射膜 32 は駆動力 f により状態 x が変化し、これにより反射された光ビームの波面位相が変化して波面位相検出器 16 の出力 y が変化する。また、光ビームの波面位相はディスクチルト、基材厚変化、指紋付着等によっても変化し、これらは外乱 d として出力 y に影響する。これに対し、制御部 50 は、

通電時間デューティ u を出力し、外乱 d の変化に追従してこれを補正し、出力ベクトル y が常に零になるように制御する。

再び図 1 を参照し、以上のように構成した情報記録装置の動作を説明する。初期動作においては、光ディスク 10 を図示しないディスクモータに装着して回転させ、対物レンズ 9 のフォーカス引込みと目標トラックへのトラッキング制御を行う。この時点ではまだ可変形ミラー 8 への駆動電圧は与えられず、ミラー表面は平坦で波面の位相補正は行われない。しかしこの動作はディスク 10 のチルトが小さいディスク内周側で行われ、かつ球面収差が小さい第 1 層側で行われるため、ヘッダ部 10a の VFO 信号の PLL 引込み及びアドレス読込みは十分安定して行うことが可能である。情報記録装置は VFO 信号から作成したクロック信号をカウントし、ビームスポット 17 がミラー部 10b 内にあるタイミングで波面位相検出器 16 の出力をサンプリングする。

図示しない制御部は、目標ベクトル y_r を零ベクトルに設定し、このサンプリングした出力 y を零にするように、可変形ミラー 8 への通電時間デューティ u を生成し、ミラーの形状を変化させて波面位相の補正制御を行う。もしもアドレス読込みに失敗する等の理由により波面位相検出器 16 の出力を有効にサンプリングできなかった場合には、前回の有効な出力がそのまま保持される構成となっている。このように、波面位相検出器 16 による波面位相の検出は確実にビームスポット 17 がミラー部 10b 内にある状態で行われ、プリピットやグルーブの影響を受けることなく精度の高い波面位相

検出を行うことができる。また、対物レンズ9の制御帯域は、可変形ミラー8の制御帯域はよりも十分高く設定されており、対物レンズ9の制御誤差による波面位相検出精度の劣化を抑えるように構成されている。

- 5 シークを行う場合には、シーク開始位置における最終の有効な波面位相検出器16の出力を保持した状態で粗シークを行い、最初にアドレス読みを行ったセクターのミラー部10bから波面位相検出器16の出力をサンプリングして波面位相の補正制御を行う。目標ベクトル y_r は零ベクトルのままである。もしも粗シーク後にアドレスが読めない状態が所定時間以上続く場合は、可変形ミラー8への駆動電圧を全て零にしてシーク元での補正状態を一度解除してからアドレス読み動作のリトライを行う。
- 10

- 2層光ディスク10の合焦点層を第1層から第2層に切り替える場合には、対物レンズ9を強制的に第2層方向に移動させるが、このとき制御部は、まず第1層における最終の有効な波面位相検出器16の出力ベクトル y を保持し、次に目標設定部が所定の目標ベクトル y_r を設定する。出力ベクトル y を保持したまま非零の目標ベクトル y_r を与えるため、誤差ベクトル $y_r - y$ が増加し、可変形ミラー8への通電時間デューティ u が変化することに伴い、可変形ミラー8の状態ベクトル x が強制的に変化し、オープンループによって波面収差が補正される方向にフィードフォワード制御される。
- 15
- 20 第2層のアドレスが読み込まれた後は、目標設定部は目標ベクトル y_r を再び零ベクトルに設定し、第1層における最終の有効な波面

位相検出器 16 の出力ベクトルの保持を解除して、新たにサンプリングされた第 2 層の有効な出力ベクトルに基づいて閉ループ制御を開始する。

5 このように予め波面収差が発生することが予測できる場合に、目標設定部によって適切な目標ベクトル y_r を与えてフィードフォワード制御を行うことにより、迅速で過渡誤差の少ない波面位相補正制御を行うことができる。なお、もしも第 2 層のアドレスが読めない場合には、目標設定部は所定時間 t_j 後に目標ベクトル y_r を再び零ベクトルに戻して、可変形ミラー 8 の状態ベクトル x の強制変化を中断する。こうして暴走を防止した上で、アドレス読み動作のリトライを行う。

10 アドレス読みが正常に行われた場合には、目標ベクトル y_r を零ベクトルに保持し、制御部 50 が形成する閉ループシステムによって波面位相検出器 16 の出力ベクトル y が外乱 d があっても常に零ベクトルとなるように可変形ミラー 8 を制御する。

20 なお、数式 12 において等価質量 m 及び粘性係数 r が十分無視できるほど小さく、変位ベクトル z が駆動力ベクトル f から遅れなく与えられるように構成して制御の簡略化を図った構成も実現可能である。この場合、数式 22 ～ 数式 27 は数式 28、数式 29 のように簡略化できる。

【数式 28】

$$f = -\lambda_2^{-1} A_1 z$$

【数式 29】

$$y = C_1 z + d$$

また、 C_1^{-} を C_1 のムーア・ペンローズ型の一般逆行列とすると、数式 28、数式 29 から数式 30 が得られる。

5 【数式 30】

$$f = -\lambda_2^{-1} A_1 C_1^{-} (y - d)$$

ここで $y = 0$ となるように制御を行い、実際には外乱 d は出力 y として観測されることを考えれば、数式 31 のように直接出力ベクトル y から駆動力ベクトル f への変換を行うことができ、この駆動力ベクトル f を常に零に保つように適当な定常偏差補償と安定化補償を行えばよい。

10

【数式 31】

$$f = \lambda_2^{-1} A_1 C_1^{-} y$$

ここで一般逆行列 C_1^{-} を用いるのは、 C_1 は正方行列ではないため逆行列 C_1^{-1} が存在しないためである。しかし、出力の誤差のノルム $\|y\| = \|C_1 z - d\|$ を最小にし、かつ変位のノルム $\|z\|$ を最小にする一般逆行列 C_1^{-} は任意の C_1 につき成立し、最適近似解としての z を得ることができる。また、数式 29 自身がモデル化誤差や測定ノイズ等のために必ずしも実際には解を持たない方程式

15

であったとしても C_1^{-1} は存在し、上記のような最適近似を与える変位ベクトル z を算出することができる。 C_1^{-1} は C_1 から一意に決定されるため、予め値が求められた行列として制御部に設定することができる。すなわち数式 3 1 においては各検出領域毎の波面情報 y

5 から行列演算部 C_1^{-1} によって復路光全体の波面情報 $C_1^{-1} y$ が演算されているのが明示されている。この近似の元になった数式 1 2 ~ 数式 2 7 では復路光全体の波面情報の項をこのように簡単な表現で表すことはできないが、復路光全体の波面情報を再構成する演算が行われていることは明白である。

10 以上説明したように、本実施形態によれば、波面検出器 1 6 が復路光の局所波面を検出し、この出力に基づいて制御部が可変形ミラー 8 に復路光の全体波面を再構成させる駆動信号を出力しているために、波面収差の検出補正が特定のタイプのものに限定されることなく、任意の波面収差に対応することができ、チルト、ディスク基

15 材の厚さばらつきや復屈折、指紋等の汚れなどによる複合的な波面収差を精度良く補正することができる。

また、レンズアレイ 1 4 の各レンズの面積を不均一とし、特に復路光の強度が高い部分に配設した検出領域の面積を復路光の強度が低い部分に配設した検出領域の面積よりも大きく設けているため、

20 復路光の強度分布の不均一に伴う検出器毎の集光光量差を補償することができ、各光検出器の出力信号の S/N 比を均等化して全体波面の再構成精度を向上させることができる。

また、媒体が保有する情報を検出する媒体情報検出部の出力に基

づいて波面検出器 16 による検出のタイミングを生成しているため、媒体が波面検出を行うのに適切な状態にあるときに確実に波面を検出することができ、精度の高い波面位相検出を行うことができる。

5 また、可変形ミラー 8 のヨークが回動軸をはさんで反対側の位置に振り分けられた第 1 の部分と第 2 の部分を備えて、第 1 の固定電極を第 1 の部分に対向させ、第 2 の固定電極を第 2 の部分に対向させ、第 1 の部分に結合突起を介して反射膜を結合させているために、反射膜を双方向にアクティブに駆動することができ、駆動力の対称性を改善して制御精度や応答性を向上させることができる。

10 また、第 1 の固定電極や第 2 の固定電極に駆動信号を与えない状態では、反射膜は平面精度の高い反射面を保持しており、この状態をそのまま中立点として双方向に駆動しているため、従来のような中立点を得るために予め初期変形させる動作が不要で、初期変形時の駆動感度バラツキ等による中立点の再現性等の問題がなく、補正精度を向上させることができる。

15 また、アクチュエータの回動軸から結合突起までの距離を各アクチュエータ毎に個別に設定して、膜厚方向のアクチュエータの変位設定範囲をアクチュエータ毎に可変に設けているため、膜厚方向の寸法が各アクチュエータで一様なプロセスによって形成した場合でもアクチュエータの変位設定範囲を可変とすることができる。

20 また、反射膜を原点近傍で固定し、原点に近い内周側のアクチュエータの変位量を小さく、原点から遠い外周側のアクチュエータの変位量を大きくとることにより、内周側のアクチュエータは万が一

制御系に誤動作があった場合にも変位量が制限されているため全体に与える影響を小さくすることが可能であり、また変位範囲を小さく設定している分、分解能と駆動力の点でアクチュエータ性能が向上しやすいため、応答性に優れ、精度の高い制御を行うことができる。

(実施形態 2)

次に、図 9 を参照しながら本発明による情報装置の第 2 の実施形態を説明する。図 9 は、本実施形態の概略構成を示している。

本実施形態の可変形ミラー 8 は、実施形態 1 で説明した構成と同一の構成を有している。

本実施形態の情報装置では、複数の光源を用いる。

まず、青色光記録ディスクの光源となる波長 405 nm の GaN 系半導体レーザとフォトディテクタとを一体化した青色レーザモジュール 60 から出射された光について説明する。

青色レーザモジュール 60 から出射された青色光ビームは、コリメートレンズ 61 によって平行光に変換される。整形プリズム 62 は、楕円形の青色光ビームを円形に整形する。整形された光は偏光ホログラム 63 に入射する。偏光ホログラム 63 は、 LiNbO_3 等の複屈折性を有する材料基板にホログラムパターンを形成した回折格子であり、パターン溝部の屈折率をプロトン交換等によって合わせ込むことによって、異常光線には位相差を与えず常光線には位相差を与える。その結果、偏光ホログラム 63 を透過する際に、異常光線は回折せず、常光線はホログラムパターンに応じて回折し偏

向される。常光線に対しては±1次光の比率が最大になり0次光の比率がほぼ零になるように溝深さが設計されている。なお、異常光線と常光線とは互いに直角に偏った直線偏光である。

5 偏光ホログラム63から出た直線偏光は、1/4波長板64によって円偏向に変換され、ダイクロイックプリズム65に入射する。ダイクロイックプリズム65は、青色光反射面65aと赤外光反射面65bとを備え、これらの面はレーザ波長に応じて光ビームを選択的に反射または透過する。青色光反射面65aは、偏光方向によらず、波長405nmの青色光をほぼ全反射し、波長650nm以上の赤～赤外光をほぼ全透過する。なお、赤外光反射面65bは、
10 やはり偏光方向によらず、波長780nmの赤外光をほぼ全反射し、波長650nm以下の赤～青色光はほぼ全透過する。他の一面は波長選択性のない通常面65cとなっている。

高屈折率ガラス材で形成された対物レンズ67は、単レンズ構成
15 でNAが0.85に設計されている。光ディスク68は、青色レーザモジュール60によって記録再生される青色光記録ディスク、またはDVDディスク、CDディスクのいずれかを受け入れて記録再生可能に設けられている。

20 青色光記録ディスクは、基材厚0.6mmのディスク基板に相変換記録材料あるいは色素系記録材料からなる記録層を設け、この2枚の基板を厚さ30～50μmの透明な接着層を介して貼り合わせた片面2層記録ディスクであり、グループ又はランドの一方のみに記録を行うフォーマットとなっている。グループピッチ、すなわち

隣接するグループ間の距離 p は数式 32 のように定められ、復路光におけるグループによる回折光の 0 次光と +1 次光との干渉領域が、0 次光と -1 次光との干渉領域と実質的に重ならないようになっている。

5 【数式 32】

$$p < \lambda / NA$$

DVD-ROM ディスク、DVD-RAM ディスクを含めた DVD ディスクの記録再生には、DVD レーザモジュール 69 から出射される赤色レーザ光が用いられる。DVD レーザモジュール 69 は、
10 光源となる波長 650 nm の GaInP / AlGaInP 系半導体レーザとフォトディテクタとを一体化したものである。

レンズ 70 は、DVD レーザモジュール 69 から出射された赤色光ビームを所望の拡がり角を持つ有限光学系に変換する。偏光ホログラム 71 は、偏光ホログラム 63 と同様の構成を有している。偏
15 光ホログラム 71 は、異常光線を回折しないが、±1 次光の比率が最大になり 0 次光の比率がほぼ零になるように常光線を回折する。
直線偏光を円偏向に変換する 1/4 波長板 72 から出射した赤色光ビームは、ダイクロイックプリズム 65 の赤外光反射面 65b を透過して入射し、青色光反射面 65a を透過して出射した後、可変形
20 ミラー 8 に向かう。ダイクロイックプリズム 65 は、楕円形ビームを円形ビームに整形する整形プリズムの役割を果たす。

CD ディスクの記録再生には、CD レーザモジュール 73 から出

射される赤外レーザ光が用いられる。CDレーザモジュール73は光源となる波長780nmのGaAlAs系半導体レーザとフォトディテクタとを一体化したものである。ガラスホログラム74は、CDレーザモジュール73に近い側の面にはトラッキング制御用の3ビーム作成用のホログラムパターンが作成され、他面には復路光をCDレーザモジュール73のフォトディテクタに偏向させるためのホログラムパターンが作成されている。レンズ75は、CDレーザモジュール73から出射された光ビームを所望の収束角を持つ有限光学系に変換する。

次に、図10を参照しながら、青色レーザモジュール60および偏光ホログラム63を説明する。図10は、本実施形態における青色レーザモジュール60と偏光ホログラム63との概略構成を示している。

青色レーザモジュール60の光源80から出射された青色光ビームは、図10において示していないコリメートレンズと整形プリズムとを通過して偏光ホログラム63に入射する。偏光ホログラム63は、図10(b)に示すように、復路光をフォトディテクタに偏向させるための28個の領域63a~63abと、開口を一定に制限し特に復路光が光源に戻ることを防止するための領域63xxの計29個に領域分割されている。これらの各領域にはそれぞれ復路光を目的方向に偏向するために最適な回折格子パターンが形成されている。

領域63a~63abの形状は、青色光記録ディスクのグループ

溝によって形成される干渉パターンにあわせて設計される。領域 63a、63n、63o、および 63ab は、青色光記録ディスクの 0 次反射光の領域に対応している。また、領域 63b ~ 63m は 0 次反射光と +1 次反射光との干渉領域に対応し、領域 63p ~ 63a a は 0 次反射光と -1 次反射光との干渉領域に対応している。

青色光記録ディスクのグループピッチ p は、数式 32 のように定められているため、+1 次光と -1 次光との干渉領域は無く、偏光ホログラム 63 にもこれに対応した領域は設けない。

偏光ホログラム 63 を通過した往路の青色光ビームは、異常光線が回折されることなく直進し、常光線は回折して偏向される。偏向された常光線は光路外に外れて無効な迷光となり、異常光線のみが有効な青色光ビームとして光ディスク 68 で反射されて復路光となる。復路の光ビームは図示しない 1/4 波長板を往復計 2 回通過して常光線となっているため、偏光ホログラム 63 でほぼ全光量回折され、±1 次光が青色レーザモジュール 60 の各フォトディテクタに偏向される。

青色レーザモジュール 60 のフォトディテクタは、青色光記録ディスクの記録トラック接線方向に対応した縦分割線によって 2 分割された縦分割フォトディテクタ 81 と、これと直交する方向の横分割線によって 2 分割された横分割フォトディテクタ 82 とからなる。縦分割フォトディテクタ 81 および横分割フォトディテクタ 82 はどちらも 28 個ずつあり、それぞれ偏光ホログラム 63 の各領域 63a ~ 63ab と 1 対 1 に対応している。偏光ホログラム 63 の各

領域63a～63abからの出射光はそれぞれ対応する縦分割フォトディテクタ81および横分割フォトディテクタ82の分割線上に焦点を結ぶように設計されている。焦点位置に関するホログラム構成は、SSD法で通常行われるようなフォトディテクタ面の法線方向に沿って前後に焦点位置を振り分ける構成ではなく、±1次光共にフォトディテクタ面が焦点位置となるような構成をとっている。

但し、偏光ホログラム63と青色レーザモジュール60との相対位置誤差といった光学素子の調整誤差マージンを確保するために、焦点でのスポット径は50～100μm程度と比較的大きな値をとっている。このことは各領域63a～63abが28の領域に細かく分割されて、各領域の大きさが小さくなっており、各フォトディテクタ側から見たときのNAが小さくなっているため無理なく実現できる。このように構成した場合にも対物レンズのフォーカス誤差信号が作成できることは後に説明する。

図のL、Rを左右方向、U、Dを上下方向とし、縦分割フォトディテクタ81の各左分割部の出力をLa～Lab、各右分割部の出力をRa～Rabとする。小文字のa～abは偏光ホログラム63の各領域63a～63abと対応したものである。同様に、横分割フォトディテクタ82の各上分割部の出力をUa～Uab、各下分割部の出力をDa～Dabとする。また、各フォトディテクタの分割部からの出力La～Lab、Ra～Rab、Ua～Uab、Da～Dabは図示しないプリアンプおよび演算回路により増幅、差分演算、加算演算がなされ、対物レンズ及び可変形ミラーの制御信号

と記録信号が作成される。

まず、対物レンズのトラッキング誤差信号TEはプッシュプル法により偏光ホログラム63における左右の光量差として作成される。この内容を数式33のように表す。ここで Σ () は括弧内にある出力の総和を表す記号とする。

【数式33】

$$TE = \Sigma (L_a \sim L_n, R_a \sim R_n, U_a \sim U_n, D_a \sim D_n) - \Sigma (L_o \sim L_{ab}, R_o \sim R_{ab}, U_o \sim U_{ab}, D_o \sim D_{ab})$$

次に、対物レンズのフォーカス誤差信号FEの作成原理を図11を用いて説明する。図11は本発明の実施形態2におけるフォーカス誤差とフォトディテクタへの集光位置との関係を説明する原理説明図である。ここでは光ディスクのグルーブ溝による回折の影響等を見捨て説明を簡略化するが、こうした条件があっても基本の考え方は同じである。また、これも簡単化のために1次元モデルで説明しているが、これを2次元モデルに拡張するのは容易である。

図11(a)は対物レンズが光ディスクから遠ざかる方向にフォーカス誤差を有する状態におけるフォトディテクタへの集光位置を示している。図の右側には光ビーム83が平行光状態における波面を模式的に表している。フォーカス誤差が無い状態の波面WOは一点鎖線で示すように平面であるが、上記のようなフォーカス誤差がある状態の波面W1は、実線で示したような光軸について対称な凹曲面となる。この平行光の光ビーム83が入射する偏光ホログラム

63の各領域を波線で模式的に示しているが、この各領域の中心と光軸との距離を L としている。距離 L は各領域毎に異なる予め決まった値であり、2次元モデルに拡張した場合は各領域の中心位置を表す座標となる。距離 L には正負の区別を設け、ここでは図のA方向を正とする。

偏光ホログラム63を通過した光ビーム83は図示しない整形プリズム、コリメートレンズを通過した後に、分割フォトディテクタに集光される。この状態を図の左側に表している。分割フォトディテクタは縦分割フォトディテクタ81についても横分割フォトディテクタ82についても同じように扱うことができ、中央に分割線が覗く方向から見た図となっている。従って図11(a)を縦方向から見た図とすれば、これは縦分割フォトディテクタ81についての説明となっており、同図を横方向から見た図とすれば、これは横分割フォトディテクタ82についての説明となっている。以降の説明では共通化して分割フォトディテクタと呼ぶ。フォーカス誤差が無い状態では、一点鎖線で示すように各分割フォトディテクタへの集光位置は分割線上に来るように調整されているが、フォーカス誤差がある状態での集光位置は実線で示すように分割線からずれる。この集光位置のずれ ε は各分割フォトディテクタについて個別に測定される。集光位置のずれ ε についてもやはり正負の区別を設け、ここでも図のA方向を正とする。集光位置のずれ ε の符号は、距離 L の符号と負の相関があるが、これは波面 $W1$ が凹曲面であることに起因する。

図 1 1 (b) は対物レンズが光ディスクに近付く方向にフォーカス誤差を有する状態における分割フォトディテクタへの集光位置を示している。図の構成要素、記号の意味等は図 1 1 (a) と同じである。図の右側において、こうしたフォーカス誤差がある状態の波面 W_2 を実線で示すが、これは光軸について対称な凸曲面である。

5 この状態での集光位置のずれ ε の符号は、距離 L の符号と正の相関があるが、これは波面 W_2 が凸曲面であることに起因する。

上記の関係をグラフにプロットすると図 1 1 (c) のような関係が得られる。横軸を距離 L 、縦軸を集光位置のずれ ε とし、プロットしたデータを結ぶ直線の平均傾き k を求めている。波面 W_0 に対応した状態、すなわちフォーカス誤差が無い状態では傾きが原理的には零であるが、実際には分割フォトディテクタの位置調整誤差などにより \triangle 印で示した初期ずれ値を有し、1 点鎖線で示したような傾き k_0 を持つ。この値はオフセット値として予め ROM に格納

10 されており、傾き k を算出する際の補正值として使用する。 \times 印は、波面 W_1 に対応した状態、すなわち対物レンズが光ディスクから遠ざかる方向にフォーカス誤差を有する状態でのプロットであり、2 点鎖線で示したような負の傾き k_1 を有する。 \circ 印は、波面 W_2 に対応した状態、すなわち対物レンズが光ディスクに近付く方向にフォーカス誤差を有する状態でのプロットであり、波線で示したような正の傾き k_2 を有する。このように、傾き k_1 、 k_2 は対物レンズが光ディスクに対して遠ざかるあるいは近付くことに伴うフォーカス誤差に対応した極性および大きさを持つため、傾き k を利用し

15

20

てフォーカス誤差信号 $F E$ を作成し、これがオフセット補正を行った状態で零になるように対物レンズを制御する。

このときの集光位置のずれ ε の値を分割フォトディテクタの出力から求めるには、既に図 6 (b) を用いて説明したように、分割
5 フォトディテクタの光量差を光量和で割って規格化した出力を用いる。この出力が意味するものは、数式 2、数式 9 ~ 数式 11 から判るように、ほぼ各領域内の局所的な波面の傾き、すなわち局所波面の 1 次の空間微分値となる。

このようにフォーカス誤差信号を生成することにより、従来の方式と比較して以下の効果がある。従来のフォーカス誤差検出方法は
10 ナイフエッジ法、SSD 法、非点収差法などがあるが、いずれも基本的に復路光の全体波面を用いて、この全体波面の曲率の変化を基にしてフォーカス誤差を検出している。すなわち対物レンズが光ディスクに近付いたり遠ざかったりすることに伴い、全体波面の曲率
15 が変化し焦点位置がフォトディテクタ面の前後に移動するが、この焦点位置の前後への移動を分割フォトディテクタの出力差として検出するために光学的な設計を工夫していた。ナイフエッジ法では分割線が光軸を通るように設けると共に光量を非対称にし、SSD 法では予め焦点位置をフォトディテクタ面の前後に振り分けると共に
20 焦点位置を分割線の左右に振り分けており、非点収差法もレンズの方向によって焦点位置がフォトディテクタ面の前後に振り分けられている。

しかしながら、偏光ホログラム 63 の検出領域を多分割して各領

域の面積を小さくするほど、波面の曲率の違いを検出する従来の方法では検出精度が低下してくる。これは曲率が波面の2次の空間微分値として与えられる値であることが原因で、こうした高次の変化は検出領域が狭くなるほど検出が困難となる。これに対して本実施

5 形態の構成では、検出領域内での波面の傾き変化すなわち1次の空間微分値を検出して、これを合成してフォーカス誤差信号としているため、偏光ホログラム63の検出領域を多分割して各領域の面積を小さくしてもフォーカス誤差の検出精度の低下を防止することができる。

10 フォーカス誤差信号FEが生成できる原理は以上であり、これを多少簡略化した式を数式34に示す。ここで各領域63a~63ab毎の左右の分割部の出力差X(=R-L)、上下の分割部の出力差Y(=U-D)、全総和S(=R+L+U+D)、光軸中心と各領域中心との距離の絶対値Lの4つの記号を用いている。例えば、領

15 域63aに対応するXa、Ya、Saは数式35~数式37のように与えられる。

【数式34】

$$FE = \sum \left(\frac{X_a}{L_a \cdot S_a} \sim \frac{X_n}{L_n \cdot S_n}, \frac{Y_a}{L_a \cdot S_a} \sim \frac{Y_g}{L_g \cdot S_g}, \frac{Y_o}{L_o \cdot S_o} \sim \frac{Y_u}{L_u \cdot S_u} \right) \\ - \sum \left(\frac{X_o}{L_o \cdot S_o} \sim \frac{X_{ab}}{L_{ab} \cdot S_{ab}}, \frac{Y_h}{L_h \cdot S_h} \sim \frac{Y_n}{L_n \cdot S_n}, \frac{Y_v}{L_v \cdot S_v} \sim \frac{Y_{ab}}{L_{ab} \cdot S_{ab}} \right)$$

20 【数式35】

$$X_a = L_a - R_a$$

【数式 36】

$$Y_a = U_a - D_a$$

【数式 37】

$$S_a = R_a + L_a + U_a + D_a$$

5

図 10 に戻って構成の説明を続ける。可変形ミラーを制御するための信号としては、上記の出力信号 $X_a \sim X_{ab}$ 、 $Y_a \sim Y_{ab}$ 、 $S_a \sim S_{ab}$ をローパスフィルタによって処理した信号を用いる。ローパスフィルタのカットオフ周波数は、記録マークによる変調の影響を避けるため、記録マークの再生信号の帯域に比べて十分低い値に設定する。さらに、このカットオフ周波数を対物レンズの応答周波数よりも十分低い値に設定することが好ましい。このようにすることで、フォーカス誤差およびトラッキング誤差に伴う波面変化ノイズを平均化し、それらのノイズによる影響を大幅に低減することができるからである。以下の説明では、出力信号 $X_a \sim X_{ab}$ 、 $Y_a \sim Y_{ab}$ 、 $S_a \sim S_{ab}$ は、いずれも、ローパスフィルタによる処理を施した後の信号を意味するものとする。

10

15

本実施形態では、規格化出力 $X_a / S_a \sim X_{ab} / S_{ab}$ 、 $Y_a / S_a \sim Y_{ab} / S_{ab}$ を作成し、本発明の実施形態 1 で説明した

ような行列による状態方程式からサーボフィルターを求めて、これらの各出力 $X_a/S_a \sim X_{ab}/S_{ab}$ 、 $Y_a/S_a \sim Y_{ab}/S_{ab}$ が零になるように可変形ミラーを制御する。

5 偏光ホログラム63の外周部領域63××は光源80からの拡がり角にバラツキがあっても、開口を一定値に規定する役割を果たし、往路光における常光線を光路外に偏向して無効な迷光とし、透過した異常光線がディスクで反射して常光線の復路光として再入射した際には、縦分割フォトディテクタ81および横分割フォトディテクタ82に影響を与えない位置に偏向するようにホログラムのパターンが設計されている。
10

再び図9を参照する。

DVDレーザモジュール69のフォトディテクタと偏光ホログラム71の詳細構成は、ほぼ青色レーザモジュール60と偏光ホログラム63で説明した内容と同一である。両者の相違点は、赤色光ビームの光路が有限系で構成されていること、円形ビームに整形される以前の楕円ビームの状態で偏光ホログラム71に入射すること、
15 レーザ波長の違いがあること等に対応して、具体設計寸法が異なっている程度である。

CDレーザモジュール73のフォトディテクタとガラスホログラム74の構成も、やはり基本的にはほぼ上記と類似の内容である。
20 上記構成との相違点は、補正精度があまり厳しくないことから波面位相検出のためのホログラムパターンの局所領域分割数を減らしていること、3ビームトラッキング検出との両立を図ることから、副

ビームの出入射位置にあたる部分には波面位相検出のためのホログラムパターンを設けていないことがある。また、偏光ホログラムでないガラスホログラムであるため、偏光方向による挙動の違いはない。

5 CDレーザモジュール73からの往路の入射光である赤外光ビームは、まずCDレーザモジュール73に近い側の面においてトラック
10 キング制御用の3ビームに分岐される。次に、他面でフォトディテクタへ偏向させるためのホログラムパターンによって1次光以上が光路外に偏向して無効な迷光となり、0次光のみが有効な赤外光ビ
10 ームとして光ディスク68で反射されて復路光となる。復路の光ビームは±1次光がCDレーザモジュール73の各フォトディテクタに偏向される。復路の光ビームの0次光は半導体レーザーへの戻り
15 光となるが、戻り光量が比較的多いこともあって、顕著なスクープ等の悪影響には至らない。

15 以上のように構成された情報記録装置について、図12を用いてその動作を説明する。図12は本発明の実施形態2における情報記録装置のディスク種類別の光学系概要図である。図12(a)は青色光記録ディスクの記録再生のための青色光学系、図12(b)はDVDディスクの記録再生のための赤色光学系、図12(c)はCD
20 Dディスク再生のための赤外光学系である。青色光学系は無限系、赤色光学系と赤外光学系とは有限系であり、特に赤外光学系はレンズ75による結像点に対物レンズ67の手前、すなわちレンズ75と対物レンズ67との間に存するように設けられている。

各色の光学系は可変形ミラー８を動作させない状態、すなわち反射面が平坦な状態で設計上の波面収差が最小となるように設計されている。有限系の赤色光学系と赤外光学系とは、レンズシフトや面振れによるフォーカス位置変化といった理想設計状態からのずれに
5 対して波面収差が発生しやすい条件になっているが、最悪のずれの状態においても少なくとも波面収差が可変形ミラー８の補正可能範囲を越えないように、可変形ミラー８のアクチュエータのストローク範囲が定められている。

図示しないローディング機構によって光ディスク６８が挿入され、
10 図示しないディスクモータに装着されると、まずＣＤレーザモジュール７３を発光させ、対物レンズ６７を下から上に移動させてフォーカス引き込み動作を行い、光ディスク６８がＣＤディスクか否かの判別動作を行う。光ディスク６８のコントロールトラックデータの読み込みができ、光ディスク６８がＣＤディスクと判断した場合は
15 通常のＣＤの再生動作に移行する。これ以外の場合は、光ディスク６８はＣＤディスクではないと判断し、次にＤＶＤレーザモジュール６９を発光させ、フォーカス引き込み動作を行って、ＤＶＤディスクか否かの判別動作を行う。光ディスク６８がＤＶＤディスクの場合はＤＶＤの記録再生動作に移行するが、これ以外の場合は光
20 ディスク６８が青色光記録ディスクであると判断して青色レーザモジュール６０を発光させ、フォーカスを引き込んで青色光記録ディスクの記録再生動作に移行する。

このようにＣＤレーザモジュール７３、ＤＶＤレーザモジュール

69、青色レーザモジュール60の順番に発光させてディスクを判別することにより、フォーカス引き込み動作の際に対物レンズ67が光ディスク68に衝突することを確実に防止することができる。

より一般的には、対物レンズ67出射側の開口数NAが小さい光学系を優先的に用いてディスク判別を行う。本構成では赤外光学系のNA=0.45、赤色光学系のNA=0.6、青色光学系のNA=0.85の順でディスク判別を行っている。対物レンズ67が光ディスク68に衝突することを防止する目的において、上記の動作は、以下に述べる条件が成立する場合に特に有効である。まず、数式38で与えられる衝突焦点距離fについて説明する。衝突焦点距離fは、対物レンズ67が光ディスク68表面に衝突したときのディスク表面から焦点までの距離として定義したものである。

【数式38】

$$f = r \cdot \frac{(n^2 - NA^2)^{1/2}}{NA}$$

ここで、nはディスク基材の屈折率であり、例えばポリカーボネート樹脂では代表値1.55として与えられる。また、rは対物レンズ67の頂上すなわち光ディスク68と最も近接した位置における瞳半径であり、光学系の設計で決定される値である。本構成では赤外光学系がr=0.57mm、f=1.9mm、赤色光学系がr=0.63mm、f=1.5mm、青色光学系がr=0.73mm、f=1.1mmとなるように設けられている。

光ディスク 68 のディスク基材厚 t が衝突焦点距離 f よりも大きい組み合わせでは、ディスク記録面の検出が出来ず、フォーカス引き込み動作時に対物レンズ 67 は光ディスク 68 表面に衝突する。

例えば、CD ディスク（ディスク基材厚 $t = 1.2 \text{ mm}$ ）を青色光

5 光学系を用いてディスク判別すると、衝突焦点距離 $f = 1.1 \text{ mm}$ よりも大きく、対物レンズ 67 の衝突が発生する。従って、受け入れ可能な光ディスク 68 のうちで最大のディスク基材厚 t を t_{\max} とし、各光学系のうちで最小の衝突焦点距離 f を f_{\min} としたときに、数式 39 の条件が成立する場合には、対物レンズ 67 出射側の開口数 NA が小さい光学系を優先的に用いてディスク判別を行い、
10 こうした光ディスクと光学系との組み合わせが発生することを確実に排除しておく。これにより、フォーカス引き込み動作の際に対物レンズ 67 が光ディスク 68 に衝突することを確実に防止することができる。

15 【数式 39】

$$t_{\max} < f_{\min}$$

光ディスク 68 の種類の判別が完了すると、情報記録装置は判別結果に応じたレーザモジュールを駆動する。これ以降の動作については、構成で説明した内容と実施形態 1 の動作で説明した内容に準じたものとしている。
20

以上説明したように、本実施形態によれば、複数の波長を持つ光源から出射される往路光を、波面検出を行いながら可変形ミラー 8

で波面を補正し、共通の対物レンズ67を使って記録再生を行うために、簡単な構成で複数種の光ディスク68の互換を精度良く行うことができる。しかも、波長の違いによる色収差、光ディスク68の基材厚の違いに伴う球面収差などの様々な波面収差について、予
5 め光学系設計で所定の範囲内に収めていれば残りの収差は波面補正で除去することが可能であり、収差設計のマージンを大幅に広げることができる。

また、CDディスクのための赤外光学系を対物レンズの手前に結像点を有する有限光学系としたために、NAが0.85と極端に大
10 さい対物レンズ67を用いてNA=0.45相当のCDディスクの再生を可能としている。また、偏光ホログラム63が領域63a~63ab毎に異なる2方向に復路光を偏向し、それぞれに分割線の向きが異なる縦分割フォトディテクタ81と横分割フォトディテク
15 タ82を配して受光しているために、回折光を有効に利用でき、ディテクタ位置調整が容易で、かつディテクタからの出力の配線密度が小さく配線設計が容易な2方向の波面成分の検出を行うことができる。

また、光ディスク68のグループ溝による干渉条件に応じて復路光を複数の領域63a~63abに分割し、同一の領域内では干渉
20 条件をほぼ同一にしているため、グループ溝による干渉で複雑な光強度パターンを持つ復路光に対しても精度良く波面検出を行うことができる。

また、検出領域内での波面の傾き変化すなわち1次の空間微分値

を検出して、これを合成してフォーカス誤差信号としているため、
偏光ホログラム63の検出領域を多分割して各領域の面積を小さく
してもフォーカス誤差の検出精度の低下を防止することができる。
また、光ディスク68の判別部が、CDディスク、DVDディスク、
5 青色光記録ディスクの順にディスク判別動作を行うことによって、
フォーカス引き込み動作の際に対物レンズ67が光ディスク68に
衝突することを防止することができる。

(実施形態3)

図13を参照しながら、本発明による可変形ミラーの他の実施形
10 態を説明する。図13は、本実施形態の概略構成を示している。な
お、図13において、第1の実施形態と共通する部材については、
図3における参照符号と同一の参照符号を与えている。

基板21は、Si材料で形成され、その熱膨張係数が $2.8 \sim 7.3 \times 10^{-6}$ である。反射膜83は、基板21よりも熱膨張係数が大
15 きい金属材料をスパッタ蒸着して形成している。反射膜83の材料
がAl材料の場合は、その熱膨張係数は 23.6×10^{-6} 程度であ
る。

反射膜83は、450℃程度の高温状態で形成され、しかも周縁
84において基板21と結合しているために、実際に使用される温
20 度条件80℃以下においては、熱膨張係数の差によって反射膜83
の方が基板21よりも大きく縮もうとして張力方向の内部応力が生
じている。これによって常に確実に反射膜83には張力が働く状態
になり、CMPによって平坦化された反射面85aの平面精度を維

持することができる。

アクチュエータ３３と反射膜８３とを結合する結合突起８３ｂは
Ａ１材料で反射膜８３と一体に形成され、ヨーク２８と反射膜８３
との電氣的な導通をとっている。さらに反射膜８３は同じＡ１材料
5 の周縁８４に結合され、絶縁層２４に設けられたビア８５を介して
基板２１の配線層２３に導通しており、ここから接地電位におとさ
れている。このように反射膜８３と結合突起８３ａを一体に導電材
料で形成し、導電性のヨーク２８と結合させたことによって、ヨー
ク２８への配線経路を簡素化するとともに配線抵抗を大幅に低減さ
10 せることができる。また、アクチュエータ３３から反射膜８３まで
が全て単一の材料で形成されるため、製造プロセスが簡素化し、生
産性を向上させることができる。

（実施形態４）

図１４を参照しながら、本発明による可変形ミラーの他の実施形
態を説明する。図１４（ａ）は、可変形ミラーの概略断面を示し、
15 図１４（ｂ）はアクチュエータ９４と反射鏡９３の分解斜視図を示
している。

図１４（ａ）において、基板８６、配線層８７、絶縁層８８、ビ
ア８９、８９’、８９’’は実施形態１における基板２１、配線層２
20 ３、絶縁層２４、ビア２５、２５’、２５’’とほぼ同様の構成を有
しているが、配置位置等が異なる。

本実施形態の構成が実施形態１の構成と異なる主要な点は、反射
鏡９３を互いに分離した複数の微小鏡とし、各反射鏡９３毎にアク

チュエータ 94 に結合させた点である。

図 14 (b) に示すように、本実施形態におけるベース 95 は、長さ L_a 、幅 W_a の概矩形形状を有している。 L_a および W_a は、1 つのアクチュエータ 94 が占める単位セルの寸法を規定する。このような単位セルは、隙間無くアクチュエータ 94 が敷き詰められた場合における各アクチュエータの占有領域に対応し、実際のヨーク 91 等の寸法とは一致していない。以降、アクチュエータ 94 の長さ L_a および幅 W_a を、この意味で用いる。

本実施形態では、長さ L_a を幅 W_a よりも大きく設定しているため、アクチュエータ 94 の長手方向は回動軸 A と直交する。ベース 95 には、支持ポスト取付部 95 a とヨーク当接部 95 b、95 b' とが設けられている。これらの働きは実施形態 1 について説明した働きと同様である。

ヨーク 91 はヒンジ部 91 b を介して支持ポスト 90 と接続しており、ヒンジ部 91 b のねじり変形によって回動軸 A を中心に回動可能である。

各反射鏡 93 は独立に動作する。この反射鏡 93 の変形による負荷がない分、ヒンジ部 91 b の剛性は実施形態 1 のものよりも高く設けることが可能である。ヨーク 91 は、回動軸 A をはさんで左右に振り分けられた第 1 の部分 91 a と第 2 の部分 91 a' とを有して、第 1 の部分 91 a は間隙をおいて第 1 の固定電極 92 に対向する位置にあり、第 2 の部分 91 a' は間隙をおいて第 2 の固定電極 92' に対向する位置にある。また、ヨーク 91 は一点鎖線

で示すヨーク遊端 9 1 c において結合突起 9 3 b と結合する。ヨーク遊端 9 1 c はヨーク 9 1 の第 1 の部分 9 1 a の領域内にあり、回動軸 A から所定の距離だけ離れた位置にある。実施形態 1 で述べたのと同様に、この距離はアクチュエータ毎に異ならせることもできる。ヨーク 9 1、支持ポスト 9 0、ベース 9 5 はいずれも A 1 材料で形成され、電位は全て同一である。

反射鏡 9 3 は、アクチュエータ 9 4 とは長手方向が異なり、幅 W_m を長さ L_m よりも大きくして回動軸 A 方向を長手方向とした概矩形形状を有している。反射鏡 9 3 もやはり A 1 材料で形成され、表面に反射面 9 3 a を備えた実質的な剛体である。結合突起 9 3 b は反射鏡 9 3 と同一の A 1 スパッタ蒸着プロセスの中で形成されている。第 1 の固定電極 9 2 とヨーク 2 8 との間、あるいは第 2 の固定電極 9 2' とヨーク 2 8 との間に電位差を与えると、静電力によってヨーク 2 8 は回動軸 A を中心に時計方向 CW、あるいは反時計方向 CCW に回動し、結合突起 9 3 b を介してヨーク 9 1 に結合された反射鏡 9 3 は、図示しない基板に近接する下方向と基板から離間する上方向の双方向に変位する。

この際、反射鏡 9 3 は純粹に上下方向にのみ動く訳ではなく、ヨーク 9 1 が傾く角度と同じだけ傾くが、アクチュエータ 9 4 の形状を回動軸 A と直交する方向を長手方向にとり、反射鏡 9 3 の形状を回動軸 A の方向を長手方向にとっているために、変位量に対する傾き角を極力小さく抑えることができる。また、反射鏡 9 3 の面積 $L_m \times W_a$ はアクチュエータの面積 $L_a \times W_a$ の 90% 以上に大きく

とり、反射光量の低下を防止している。従って、反射鏡の幅 W_m は
アクチュエータの幅 W_a よりも大きく、反射鏡93の投影寸法はア
クチュエータ94の寸法から一部がはみ出すように設けられている。
こうした構成によっても複数のアクチュエータ94を配列したとき
5 に、反射鏡93同士がオーバーラップしないような配置構成がとら
れる。この配置の様子を図15を用いて説明する。

図15は本発明の実施形態4におけるアクチュエータ94と反射
鏡93の配置図である。図では境界を判りやすくするため、ベース
95が隣のベース95と大きく離れているように描いてあるが、実
10 際にはこの隙間は極めて小さいか、もしくは零である。

アクチュエータ94は回動軸Aと直交する方向に隣り合うもの同
士は互いにずらさずに配置し、回動軸A方向に隣り合うもの同士は
 $p = L_a / k$ だけずらした位置に配置する。ここで k は1よりも大
きな数とし、図においては $k = 2$ である。反射鏡93の長さ L_m お
15 よび幅 W_m は数式40、数式41を満たすように決められる。

【数式40】

$$L_m < p$$

【数式41】

$$W_a < W_m < k \cdot W_a$$

20 これらの条件を満たすように、反射鏡93の長さ L_m および幅
 W_m を設けたことにより、反射鏡93同士の干渉と上下方向の変位に

伴う傾きを抑え、かつ反射効率の向上を図ることができる。

以上のように、本実施形態では反射鏡 93 を互いに分離した複数の微小鏡とし、各反射鏡 93 毎にアクチュエータ 94 に結合させているため、反射鏡 93 の変位を各アクチュエータ 94 毎に完全に独立して制御できるため制御操作が簡単になると共に、応答性を向上させることができる。

(実施形態 5)

図 16 (a) および (b) を参照しながら、本発明の実施形態 5 における可変形ミラーを説明する。図 16 (a) は可変形ミラーの概略断面図、図 16 (b) はアクチュエータ 104 と反射鏡 105 の分解斜視図である。本構成が、実施形態 4 と特に異なる点は、反射鏡 105 が、一对のヨーク 101、102 を含むアクチュエータ 104 と結合突起 105a、105b の 2 点において結合し、平行な上下移動（ストローク動作）が可能である点である。

図 16 において、支持ポスト 100、110、ヨーク 101、102、第 1 の固定電極 106、107、第 2 の固定電極 106'、107'、ベース 115、基板 116、配線層 117、絶縁層 118、ビア 119、119'、119'' の詳細は実施形態 4 で説明したものと同様である。

ヨーク 101 の第 1 および第 2 の部分 101a、101a' と対向する位置には第 1 および第 2 の固定電極 106、106' を配置し、もう一方のヨーク 102 の第 1 及び第 2 の部分 102a、102a' と対向する位置には第 1 および第 2 の固定電極 107、107' を配置している。第 1 の固定電極 106 と 107 とは電氣的に接続されて等電位となるように設けられ、同様に第 2 の固定電極 1

０６’ と１０７’ とは電氣的に接続されて等電位となるように設けられている。

反射鏡１０５は結合突起１０５ aを介してヨーク１０１の第１の部分１０１ aと結合し、さらに結合突起１０５ bを介してヨーク１
５ ０２の第１の部分１０２ aと結合している。

反射鏡１０５の剛性は、結合突起１０５ a、１０５ bの剛性よりも十分に大きくなるように形状寸法が決められている。

図１６（a）において、第２の固定電極１０６’、１０７’に駆
動回路２２から駆動電圧を与えたときの反射鏡１０５の状態を左側
10 に示している。固定電極１０６’、１０７’に駆動電圧を与えると
ヨーク１０１の第２の部分１０１ a’ とヨーク１０２の第２の部分
１０２ a’ とが固定電極側に吸引され、反射鏡１０５は平行状態を
保ったまま基板１１６から離間する方向に移動する。

また逆に、第１の固定電極１０６、１０７に駆動回路２２から駆
15 動電圧を与えたときの反射鏡１０５の状態を右側に示している。固
定電極１０６、１０７に駆動電圧を与えるとヨーク１０１の第１の
部分１０１ aとヨーク１０２の第１の部分１０２ aとが固定電極側
に吸引され、反射鏡１０５は平行状態を保ったまま基板１１６に近
接する方向に移動する。

20 以上のように、本実施形態では反射鏡１０５の平行を保持したま
ま、基板垂直方向への移動が可能であり、反射鏡１０５の傾きに伴
う悪影響を回避することができる。

なお、本実施形態では第１の固定電極１０６と１０７とを等電位
とし、第２の固定電極１０６’ と１０７’ とを等電位として、反射
25 鏡１０５を平行移動させる構成について説明したが、各固定電極１
０６、１０６’、１０７、１０７’への駆動電圧をそれぞれ個別の

値に設定すれば、２次元的な傾きを与えることもできる。

（実施形態６）

以下、図１７を参照しながら、本発明による補償光学装置の実施形態を説明する。

5 図１７に示すように、本実施形態では、シリコン等の半導体基板２０１上に可変形ミラー２０２、ホログラム２０３、光検出器２０４が集積されている。また、半導体基板２０１には、光検出器２０４の出力信号の増幅と演算処理や可変形ミラー２０２の駆動に係わる回路が集積されている。

10 更に、半導体基板２０１の上には平板ガラス２０５が載置され、平板ガラス２０５の上面の一部には反射防止膜２０５ａが形成され、他の部分にはＰ偏光を透過しＳ偏光を反射するように設けた偏光スプリッタ膜５ｂが形成されている。

入射光２０６は波面が未補正の状態にあり、反射防止膜２０５ａ
15 を通じて平板ガラス２０５に入射し、可変形ミラー２０２で反射されて波面が補正される。この反射光のうちのＰ偏光は偏光スプリッタ膜２０５ｂを通じて外部に出射される出射光２０７となる。また、反射光のうちのＳ偏光は偏光スプリッタ膜２０５ｂに反射されて再度半導体基板２０１に向かい、ホログラム２０３に入射する。ホ
20 ログラム２０３はこのＳ偏光の光ビームを複数の検出領域に分割して、それぞれの検出領域毎に異なる集光点に偏向させるものである。ホログラム２０３で偏向された各検出領域の光ビームは、再度偏光スプリッタ膜２０５ｂで反射され、半導体基板２０１上で合焦する。

この各焦点には4分割された光検出器204が設けられ、各分割部の出力信号を比較することにより焦点の位置の変化が検出できるように設けられている。この光検出器204の出力信号は、半導体基板201上に設けられた図示しない波面再構成部によって、入射光206の波面が演算再構成され、これに基づいて可変形ミラー202の制御を行う。208は半導体基板201をパッケージングする際にリードとワイヤーボンディングされるポストである。

可変形ミラー202の構成を図18、図19を用いて説明する。

図18は本実施形態における可変形ミラー202の拡大分解斜視図

である。図18において、ベース210は半導体基板201の絶縁層（不図示）上に形成され、第1および第2の電極211、211'と同一のA1層からエッチング形成されている。支持ポスト212は支持ポスト取付部210aにおいてベース210に取り付けられ、一対のヒンジ213を介してヨーク214を支持している。

支持ポスト212、ヒンジ213、ヨーク214も同一のA1層からエッチング形成されており、ベース210とヨーク214とは等電位にある。ヨーク214は1 μ m厚の平板形状で、数 μ mの隙間をもって第1の電極211および第2の電極211'と対向しており、一方の電極とベース210との間で電位差を与えた場合には、ヨーク214は静電力によって時計方向あるいは反時計方向に回転するように設けられている。ヨーク214の遊端214aには結合突起215aを介して反射鏡215が取り付けられている。

反射鏡215は多結晶シリコンで構成され、上面は平坦な反射面

となっている。215bは反射鏡15を貫通する穴、215cは穴215bによって概正形状に区切られた反射鏡主部、215dは反射鏡主部215cを四隅で連結する連結部である。反射鏡主部215cと連結部215dの膜厚はそれぞれ1 μ mと0.2 μ mとし、
5 反射鏡主部215cの膜厚は連結部215dの膜厚よりも厚く設けている。これによって各反射鏡主部215c内の剛性を高め、膜残留応力により不要な変形が発生し鏡面精度が劣化することを防止すると共に、連結部215dの柔軟性を利用して駆動感度を向上させている。

10 結合突起215aによる結合部を除いては、ヨーク214と反射鏡215との間は数 μ mの間隙が設けられている。この間隙およびヨーク214と第1および第2の電極211、211'との間の間隙は、予め間隙にあたる部分に有機材料からなる犠牲層を形成した後、これを最後にプラズマエッチングで除去することにより設けられる。ここで、反射鏡215は、この犠牲層を除去する前に反
15 射面をCMP処理により平坦化している。第1の電極211とヨーク214との間に電位差を与えると、ヨーク214は反時計方向に回動し、反射鏡215は上側、即ち半導体基板201から離間する方向に駆動される。第2の電極211'とヨーク214との間に電
20 位差を与えると、ヨーク214は時計方向に回動し、反射鏡215は下側、即ち半導体基板に近接する方向に駆動される。こうした構成により、可変形ミラー202は各ヨーク214に対応する第1の電極211および第2電極211'に印加する駆動電圧によって反

射鏡 215 を自在の形状に制御している。

次に、可変形ミラー 202 の駆動回路構成を図 19 を用いて説明する。図 19 は本実施形態における可変形ミラー 202 の概略構成図である。

5 可変形ミラーの駆動回路 220 は、半導体基板 1 上に形成された CMOS から構成されている。図 19 において、駆動回路 220 は、後述するブロック構成のみが示されており、n、p チャネル MOS FET の断面の詳細は省略されている。最上層の A1 配線層 217 については、模式的に図示している。この A1 配線層 217 の上には、 SiO_2 系の絶縁層 18 が設けられており、絶縁層 218 の上
10 面は CMP により平坦化されている。絶縁層 218 には配線層 217 の必要部分との電気的なコンタクトを得るためのビア 219、219'、219'' が形成されている。

 ヨーク 214 は、支持ポスト 212 およびビア 219 を介して配
15 線層 217 に接続し、常に接地電位（以下この電位を L とする。）に保たれている。第 1 および第 2 の電極 211、211' はそれぞれビア 219'、219'' によって配線層 217 に接続し、電位 V1、V2 に制御される。V1、V2 は駆動回路 220 によって接地電位 L と高電位（ここでは 5V。以下、この電位を H とする。）とに切
20 替えられる。V1 と V2 はどちらか一方のみが H に制御され、H 状態にある電極側にヨーク 214 が静電力により吸引されることにより、ヨーク 214 は時計方向あるいは反時計方向に回動力を発生する。回動力の大きさは H 状態の保持時間を k ビット（ 2^k 段階）制

御することで調節可能である。回動力を発生させない場合には、 V_1 、 V_2 共にL電位に設定される。支持ポスト212に支持されたヨーク214、第1および第2の電極211、211'の1揃いを以降アクチュエータと呼ぶ。

5 駆動回路220はアクチュエータの各電極のアドレス A_{in} と駆動力を表す制御データ D_{in} とを入力して、各電極への出力電圧 $V_1 \sim V_{2n}$ のH/Lの時間制御を行うものである。駆動回路220は、メモリ221、アドレスカウンタ222、カウンタ223、コンパレータ224、シフトレジスタ225、ラッチ226から構成
10 されている。アドレス A_{in} は m ビット、制御データ D_{in} は k ビット、アクチュエータ数は n 、電極数は $2n$ とする。

メモリ221は各アドレス A_{in} に対応する制御データ D_{in} を記憶するメモリである。アドレスカウンタ222はメモリ221に m ビットのアドレスを与え、 $2n$ 個の制御データをシリアルに送出
15 させる。アドレスカウンタ222は、初期化(c1r)信号でリセットされ、クロック(c1k)信号によりカウントアップされる。カウンタ223は初期化(c1r)信号でリセットされ、 $2n$ 個の制御データを読み出した後ストロープ(stb)信号によりカウントアップする k ビットのインクリメンタルカウンタである。

20 コンパレータ224はカウンタ223の出力とメモリ221の k ビットデータとを比較し、シフトレジスタ225に1ビットのシリアルデータを送出する。メモリ221のデータがカウンタ223の出力よりも大きければ1(H)、それ以外は0(L)を出力する。

シフトレジスタ225はclk信号に応じて動作する2nビットのシフトレジスタで、ラッチ26はstb信号に応じてシフトレジスタ225の値をラッチする2nビットのラッチである。

この駆動回路220の動作を説明する。メモリ221に書き込まれているkビットの制御データは、アドレスカウンタ222により与えられるmビットのアドレスにより2n個連続で読み出される。アドレスカウンタ222が一巡し、メモリ221の制御データが全て読み出されると、stb信号によりシフトレジスタ225に貯えられたデータをラッチ226に記憶すると同時にカウンタ223の出力をカウントアップし、再度メモリ221の内容を最初から読み出す。この周期をTとすると、これがアクチュエータへの通電時間の最小単位となる。この周期Tをカウンタ223の段数で決まる 2^k 回繰り返して通電時間制御を行う訳である。その時、メモリ221からは毎周期同じ制御データが読み出されるが、1周期毎にカウンタ223の値が増加していくので、コンパレータ224の出力は、メモリ221の出力がカウンタ223の値以下になったものから0になっていく。従って、ラッチ226の出力は入力された制御データDinに比例して、最小分解能Tで全アクチュエータの固定電極への通電時間を並行して制御できるものになっている。

次に、ホログラム203の構成を図20を用いて説明する。図20は本発明の実施形態1におけるホログラムの概略構成図である。図20(a)にはホログラム3の平面図を示している。ホログラム3は領域3a~3sの19個の検出領域に分割され、それぞれの検

出領域には入射した光ビームをある所定の集光点に偏向させるためのホログラムパターンが形成されている。検出領域が異なるとその集光点も異なるが、全ての集光点は図示しない平板ガラス上の偏光スプリッタ膜で反射された場合に半導体基板表面上に位置するように設計されている。ホログラムパターンは入射光である平面波と出射光である球面波との干渉パターンとしてコンピュータで計算させたゾンプレートをマスク像とし、フォトリソグラフィによって半導体基板 1 上に転写形成している。なお、各検出領域からの高次光が他の検出領域の集光点と実質的に重ならないように集光点は設計配置されている。

図 20 (b) にホログラム 203 の拡大断面図を示す。ホログラムパターン層 228 は、 SiO_2 系の絶縁層 218 の上に形成されている。絶縁層 218 は半導体基板 201 上に形成された制御回路等の回路形成層 227 の上に設けられたもので、図 19 で説明したように上面が CMP により平坦化されている。ホログラムパターン層 228 は検出波長の $1/4$ 波長程度の厚さに成長させた多結晶シリコン膜を、計算機ホログラムで発生させた干渉パターンをマスク形状とし、フォトリソグラフィによって選択エッチングしたものである。エッチングは塩素ガスを使用したマグネトロン RIE で行い、 SiO_2 絶縁層 218 に対する高選択比を得ている。ホログラムパターン層 228 を形成した後には、反射率を高めるために Al 等の薄膜を反射膜 229 としてスパッタ形成している。

次に、光検出器 204 の構成を図 21 を用いて説明する。図 21

は本実施形態における光検出器204の概略構成図である。光検出器204は、図21(a)に示すように、ホログラムの集光点に対応する位置に19個の4分割フォトダイオード204a~204sを配置している。この各4分割フォトダイオード204a~204sの出力から集光点の位置のずれを検出して、入射光の局所的な波面の変化を検出する。4分割フォトダイオード204aを例にとり、図21(b)を用いて出力信号を生成するための構成を説明する。図21(b)は4分割フォトダイオード204aとプリアンプ231aの構成図である。図において、4分割フォトダイオード204aは水平方向に延びた分割線と垂直方向に延びた分割線とにより領域204aa~204adに分割されている。プリアンプ231aは前段の4つのプリアンプ231aa~231adと、後段の2つの差動アンプ231ae、231afおよび1つのアンプ231agの計7つのアンプ群からなる。

領域204aaの出力はプリアンプ231aa、231acに、領域4abの出力はプリアンプ231ac、231adに、領域4acの出力はプリアンプ231ab、231adに、領域4adの出力はプリアンプ231aa、231abにそれぞれ入力され増幅、加算される。プリアンプ231aaの出力は差動アンプ231aeの+側とアンプ231agとに、プリアンプ231abの出力は差動アンプ231afの+側に、プリアンプ231acの出力は差動アンプ231afの-側に、プリアンプ231adの出力は差動アンプ231aeの-側とアンプ231agとにそれぞれ入力される。

これにより、差動アンプ231 a eは出力 Y_{ay} 、差動アンプ231 a fは出力 Y_{ax} 、アンプ231 a gは出力 S_a をそれぞれ出力する。

ここで出力 Y_{ay} は、集光点の垂直方向への変位に関わる信号であり、簡単な表現として $(204aa + 204ad) - (204ab + 204ac)$ と記載する。また出力 Y_{ax} は、集光点の水平方向への変位に関わる信号であり、これも簡単な表現として $(204ac + 204ad) - (204aa + 204ab)$ と記載する。また出力 S_a は、4領域の光量の総和を示す信号であり、 $(204aa + 204ab + 204ac + 204ad)$ と記載する。図示しないが、全ての4分割フォトダイオード204a~204sに対してプリアンプ231a~231sを設け、それぞれの入出力の関係は上述した204aと231aとの関係と同様に設定する。これにより、プリアンプ231は差信号 $Y_{ax} \sim Y_{sx}$ 、 $Y_{ay} \sim Y_{sy}$ と和信号 $S_a \sim S_s$ を出力する。差信号 $Y_{ax} \sim Y_{sx}$ 、 $Y_{ay} \sim Y_{sy}$ および和信号 $S_a \sim S_s$ は図示しない規格化部により規格化出力 $Y_{ax}/S_a \sim Y_{sx}/S_s$ 、 $Y_{ay}/S_a \sim Y_{sy}/S_s$ に変換される。これらの38個の信号を光検出器4の出力ベクトル y とする。

フォトダイオードの拡大断面図を図21(c)に示す。半導体基板201上にはプリアンプ231を含む回路形成層232が形成され、この上に絶縁層218が形成されている。この上には電極となるA1配線層233が形成され、さらにn型にドーパされたシリコ

ン層であるn領域234、高抵抗の真性半導体層となるi領域235、p型にドーピングされたシリコン層であるp領域236を成長してpin構造を形成する。最後にp領域236への電極となるA1配線層237をスパッタ形成し、フォトダイオードを構成する。配線層233および配線層237にはそれぞれ回路形成層232との電気的なコンタクトを得るためのビア239、239'を形成している。こうして回路形成層232から配線層233と配線層237との間で逆バイアス電圧を与えると開口部238からの入射光量に応じた出力信号が得られる。

次に、図22を用いて半導体基板201上に構成された制御部の説明を行う。図22は本実施形態における制御部の概略構成図である。本実施形態における制御部240は、目標設定部241、定常偏差制御部242、安定化補償部243、 f/u 変換部246を備えており、光検出器204の出力ベクトル y の入力を受けて、アクチュエータの通電時間デューティベクトル u を出力する。

目標設定部241は光検出器204の出力ベクトル y の目標となる目標ベクトル y_r を設定する。入射光の波面を外乱によらず一定に制御する目的では目標ベクトル y_r は所定の固定ベクトルに設定する。この固定ベクトルは理想状態を想定して零ベクトルを設定しても良いが、予め校正して得られたベクトル値をメモリに格納し、この値を読み出して用いても良い。あるいは複数のベクトル値を予めメモリに格納し、環境温度変化あるいは入射光の対応波長の切り替えといった使用条件の変化に応じて、目標ベクトル値を使い分け

ることも可能である。そして、走査などのために入射光の波面を積極的に変化させる目的では、目標ベクトル y_r を時間変化させれば良い。

5 定常偏差制御部 242 は、誤差信号 $y_r - y$ に定常偏差なく追従するために必要な型数 p を実現するために、 p 個の積分器を直列に結合し、各積分器の出力にゲイン行列 $K_1 \sim K_p$ を乗じて加算した積分補償器である。型数 p およびゲイン行列 $K_1 \sim K_p$ の値は応答すべきベクトル y の関数の次数と後述する行列関数 A 、 B 、 C との関係から設計的に求められ、予め決められた関数として設定されている。

10 安定化補償部 243 は閉ループシステムを漸近安定にするための微分補償器で、ここではオブザーバ 244 とレギュレータ 245 とで構成している。オブザーバ 44 は、光検出器 204 の出力ベクトル y と、アクチュエータの駆動力ベクトル f とを入力し、状態ベクトル x の推定値ベクトル x' を出力する最小次元オブザーバである。

15 レギュレータ 45 はフィードバックゲイン行列 F により、状態の推定値ベクトル x' を入力して線形演算した結果を出力する。行列 F には、閉ループシステムの極が複素左平面の適切な位置に配置されて漸近安定となるように、予め設計的に求められた値が設定されている。

20 レギュレータ 245 の出力が定常偏差補償部 242 の出力と加算されたものがアクチュエータの駆動力ベクトル f である。

f/u 変換部 246 は、アクチュエータの駆動力ベクトル f を通電時間デューティベクトル u に変換する非線形変換部である。通

電時間デューティとはアクチュエータへの通電時間を制御周期時間で割ったものであり、これが実際の制御における操作量となる。f / u 変換部 246 には駆動力ベクトル f と状態の推定値ベクトル x' とが入力され、全てのアクチュエータについて、数式 1 に従い
 5 駆動力 F と変位 Z の推定値とから通電時間デューティ U が逆算される。ここで、 α 、 β は定数、V は駆動電圧である。より詳しくは、f / u 変換部 246 は、各アクチュエータについて 2 つある電極のいずれを選択するかを選択回路と、予めメモリに非線形関数として定められた値が格納された変換テーブルを持つ。そしてまず駆動力
 10 F の正負の符号に応じて駆動すべき電極が選択され、次に変換テーブルに Z と F とをアドレスとして入力すると通電時間デューティが得られるように構成されている。これを全てのアクチュエータについて行い、通電時間デューティベクトル u を得る。

【数式 42】

$$F = \pm \frac{\alpha V^2}{(1 \pm \beta \cdot Z)^2} \cdot U$$

このように構成された制御部 240 は、可変形ミラー 202 と光検出器 204 との制御対象との間で閉ループシステムを構成する。制御部 240 の出力である通電時間デューティベクトル u は可変形ミラー 202 に入力され、アクチュエータが駆動力 f を発生して
 20 反射鏡 215 の状態 x が変化し、これにより反射された光ビームの波面位相が変化する。この反射鏡 215 による波面変化と外乱 d に

よる波面変化の和が観測され、光検出器 204 の出力ベクトル y として制御部 240 の入力となる。ここで図中で記載された A、B、C は可変形ミラー 202 と光検出器 204 の構成によって決定される固定行列である。こうして光検出器 204 の出力ベクトル y は目標ベクトル y_r に追従するように制御される。

以上説明したように、本実施形態によれば、波面検出器である光検出器 204 と、波面補正器である可変形ミラー 202 とを半導体基板 201 上に一体に形成しているため、半導体プロセス技術の利点を活かして相互の高い位置精度を実現することができる。さらに、これらの波面検出器および波面補正器は、共通の基板上に共通の製造条件を経て形成されているために、熱膨張係数等の基板特性ばらつきや異なる製造ロット部品の組み合わせ等に起因する寸法誤差を低減させることができる。

また、波面検出器の出力を波面補正器に伝達する配線を半導体基板 201 上で平面配線パターンとして形成しているために、3次元空間内で接続するための複雑な配線が不要で、組立工数の削減や装置の小型化を図ることができる。さらに、波面検出器の出力に基づいて波面補正器を制御する制御部を、波面検出器と波面補正器と共に同一基板上に形成したため、より一層の装置の小型化と配線の簡略化を図ることができる。

また、偏向器であるホログラム 203 と光検出器 204 とを半導体基板 1 上に一体に形成しているため、半導体プロセス技術の利点を活かして相互の高い位置精度を実現することができる。

(実施形態 7)

図 23 は本実施形態における補償光学装置の概略構成図である。
本実施形態では補償光学装置を光ディスク装置に適用した構成例を記載している。

5 本実施形態における半導体基板 201、可変形ミラー 202、ポスト 208 は、実施形態 6 の対応する構成要素と同一の構造を有している。ホログラム 250、光検出器 251 は基本的な構成は実施形態 6 とほぼ同一であるが、各検出領域の集光点に配置を異ならせて光ディスク 255 のトラック溝による干渉波面に対応させている。

10 半導体基板 201 上に設けられたマイクロプリズム 252 は、上面に偏光スプリッタ膜 252 a が設けられ、一部に傾斜面 252 b が設けてられている。傾斜面 252 b は楕円ビームを円形ビームに整形する整形プリズムの役割を果たす。

半導体レーザ 253 は、図示しない保持機構によって半導体基板
15 201 と一体に固定されている。また半導体レーザ 253 の出力する光ビームは、図示しないコリメートレンズによって平行光に変換される。

次に、本実施形態における補償光学装置の動作を説明する。

半導体レーザ 253 から出力された光ビームは、コリメートレン
20 ズで楕円平行ビームに変換され、往路入射光 256 として偏光スプリッタ膜 252 a を通じて P 偏光成分のみがマイクロプリズム 252 に入射し、可変形ミラー 202 で反射されて波面が補正された後、傾斜面 252 b より円ビームとして出射される。この出射光は 1 /

4波長板254によって円偏光に変換され、往路反射光257として光ディスク255に向かい、対物レンズによって記録スポット255aに集光される。記録スポット255aからの反射光は再度対物レンズを経由して復路入射光258となり、1/4波長板254
5 によってS偏光に変換される。

この復路入射光258は傾斜面252bからマイクロプリズム252に入射し、可変形ミラー202で反射されて波面が補正される。この反射光は偏光スプリッタ膜252aに反射されてホログラム250に入射する。ホログラム203はこの光ビームを複数の検出領域に分割して異なる集光点に偏向させ、各光ビームは再度偏光スプリッタ膜252aで反射され、光検出器251に受光される。光検出器204の出力信号は半導体基板201上に設けられた図示しない制御部に入力され、これに基づいて可変形ミラー202の制御を行う。
10

15 なお、往路反射光257または復路入射光258の光ビームの入出射方向は傾斜面252bの法線方向と一致させているため、マイクロプリズム252のx、y方向の位置精度に関わらずホログラム250の集光点の位置精度が保たれるようになっている。

20 このように本実施形態によれば、光源からの光ビームを可変形ミラー202で反射して補償光学装置外に出射し、再度補償光学装置内に入射した光ビームを再度可変形ミラー202で反射して光検出器251に導く構成を、偏光スプリッタ膜252aを設けたマイクロプリズム252を半導体基板201の上方に設けた簡単な装置で

実現することができる。

本実施形態では、マイクロプリズム 252 に傾斜面 252 b を設けて、この傾斜面 252 b を光ビームの入射面または出射面とすることにより、マイクロプリズム 252 に光ビーム整形プリズムの効果を与えると共に、傾斜面 252 b 形成時に偏光スプリッタ膜 252 a の削除を一括して行うことが可能であり、偏光スプリッタ膜 252 a 形成時にマスキングを行う必要が無く工数を簡略化することができる。

また、本実施形態では、傾斜面 252 b の法線方向を往路反射光 257 または復路入射光 258 の光ビームの入出射方向と一致させているため、マイクロプリズム 252 の必要位置精度を大幅に緩和することができる。

(実施形態 8)

図 24 は本実施形態における補償光学装置の概略構成図である。
本実施形態と実施形態 6 との相違点は、全構成要素を同一の半導体基板上に集積するのではなく MCM (Multi Chip Module) のように幾つかのチップに分けて構成した点と、平板ガラス 267 をパッケージケースの一部として構成した点である。これ以外の構成および機能は実施形態 6 と同一である。

セラミック基板 260 はアルミナ等の絶縁性基板に金属膜で配線パターンを形成したものである。参照符号「261」は Si 基板上に可変形ミラーとこれを制御する制御回路を一体に形成した可変形ミラーユニットを示している。参照符号「262」はガラス材に回

折パターンを形成して検出領域毎に異なる集光点に偏向させるホログラムを示し、参照符号「263」はGaAs基板上に4分割フォトダイオードとこの出力を増幅して差動演算等の信号処理を行うアナログ信号処理回路とを一体化した光検出器ユニット263を示している。

これらの可変形ミラーユニット261、ホログラム262、および光検出器ユニット263は、セラミック基板260上に実装され、可変形ミラーユニット261と光検出器ユニット263との配線接続はセラミック基板260に形成した配線パターンによって行われている。セラミック基板260はパッケージベース264に接着され、リード265と接続されている。こうした配線接続はAu線266でのボンディングによっている。

パッケージベース264の上面に接着された平板ガラス267は、反射防止膜267aと偏光スプリッタ膜267bの処理が施されて入射光268および出射光269の光路を形成すると共に、パッケージベース264と共にパッケージケースの一部を構成している。光検出器ユニット263によって入射光268の波面を検出し、可変形ミラーユニット261によってこの波面を補正する動作は、実施形態6で説明した内容と同じであり、これによって波面の補償された出射光269が得られる。

このように本実施形態によれば、異なる種類の半導体基板を用いるような半導体プロセス形成上の整合性が得にくい場合においても比較的簡単に小型の補償光学装置を提供することができる。即ち、

可変形ミラーユニット２６１と光検出器ユニット２６３とは同一のセラミック基板２６０上に設置されているため、両者の相対位置の調整には同一平面内での２次元的な位置調整のみを行えばよく、従来例では３次元空間内での６自由度調整が必要であったのに比べて
5 ３自由度の調整で済むため、調整工数を大幅に低減することができる。

また、光検出器ユニット２６３の出力を可変形ミラーユニット２６１に伝達する配線をセラミック基板２６０上で平面配線パターンとして形成しているために、３次元空間内で接続するための複雑な
10 配線が不要で、組立工数の削減や装置の小型化を図ることができる。

また、平板ガラス２６７に光ビームの波面検出および補正のための光路形成の機能とパッケージケースとしての機能を兼備させているために、部品点数の削減と装置の小型化を図ることができる。

なお、本実施形態６～８では、波面検出器として４分割ディテクタにより集光点の位置変化を検出する構成を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば入射光を参照光と干渉させて干渉パターンから波面を検出する構成等の他の構成に適用することもできる。
15

同様に、波面補正器についても、反射面を変形させる変形ミラーを用いた構成を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば液晶の屈折率変化等を利用して波面を補正する構成等の他の構成に適用することもできる。
20

（実施形態９）

図25(a)は、本発明による実施形態9における情報装置の概略構成図であり、図25(b)は当該情報装置に用いる補償光学装置の斜視図である。

5 本実施形態における情報装置は、光源として、HD-DVD用レーザー（青色レーザー）270およびDVD-RAM用レーザー（赤色レーザー）271の2種類のレーザーを備えている。各レーザーから出た光は、ダイクロイックプリズム273を介して、補償光学装置274に入射する。なお、HD-DVD用レーザー（青色レーザー）270から出た光はレンズ272を介してダイクロイックプリズム273に入射する。

10

本実施形態の補償光学装置274は、図25(b)に示すように、可変形ミラー274aと光検出器274bとが共通の基板（例えばシリコン基板などの半導体基板）上に一体的に集積された装置である。

15 この補償光学装置274の可変形ミラー274aによって反射された光は、偏光ホログラム275、1/4波長板276、および対物レンズ277を順次透過した後、情報記録媒体であるディスク（HD-DVDディスクまたはDVD-RAMディスク）278を照射する。

20 ディスク278によって反射された光は、対物レンズ277および1/4波長板276を透過した後、偏光ホログラム275によって偏向され、補償光学装置274上の光検出器274bに入射する。

偏光ホログラム275の働きは、基本的には、図10を参照して

説明した偏光ホログラム63の働きと同様であり、1/4波長板276を往復で2回透過することによって偏光面が90°回転した光を補償光学装置274上の所望の位置に偏向させるものである。なお、可変形ミラー274aの構成や動作は、他の実施形態における可変形ミラーと同様である。

本実施形態では、可変形ミラー274aと光検出器274bとがワンチップ化されている。この点で、本実施形態の情報装置は、実施形態2における情報装置と異なっている。本実施形態のように光検出器274bが可変形ミラー274aと一体化した補償光学装置274を情報装置に適用する場合、単一の光源で動作する情報装置と複数の光源で動作する情報装置との間で光学系のほとんどが共通化され得る。その結果、単一の光源で動作する情報装置を改良して2つの異なる光源で動作する情報装置を設計する場合でも、他の波長帯域の光源を1つ追加するだけで済む。従って、別種フォーマットのディスクに対する互換性の向上が容易となり、各種のディスクを再生できる互角性に優れた情報装置を安価に提供することが可能になる。

なお、図示している例では、偏光ホログラム275を補償光学装置274とは一体化していないが、偏光ホログラム275および/または1/4波長板276を補償光学装置274と一体化してもよい。

産業上の利用可能性

本発明によれば、様々な種類の収差に対応でき、高精度で補正範

囲が広く、応答性に優れた波面収差の補正が可能な可変形ミラーおよび当該ミラーを備えた情報装置が提供される。また、本発明によれば、小型化、低コスト化が容易で相対位置精度の高い補償光学装置および波面検出装置が提供される。

請 求 の 範 囲

1. 基板と、

前記基板に支持され、別個に駆動され得る複数の光反射領域を有
5 するリフレクタと、

を備えた可変形ミラーであって、

前記複数の光反射領域の各々を独立して駆動し、それによって各
光反射領域と前記基板との配置関係を制御する複数の駆動部を更に
備え、

10 前記複数の駆動部の各々は、

前記基板に支持された複数の電極と、

前記複数の電極のうちの選択された一方に引き付けられるこ
とにより、回動軸を中心に回動する回動部材と、

前記回動部材の運動に従って、前記反射領域の特定部位と前
15 記基板との距離を変化させる作用部材と、

を備えている可変形ミラー。

2. 前記複数の駆動部は、それぞれ、対応する反射領域と結合
している請求項1に記載の可変形ミラー。

20

3. 前記回動部材は、前記回動軸上に配置された支持部と、前
記支持部と結合した平板部とを有しており、

前記回動部材の前記平板部は、前記回動軸に関して対称な第1導

電性部分および第 2 導電性部分を含み、

前記複数の電極は、前記平板部の第 1 導電性部分に間隙を介して
対向する第 1 電極と、前記平板部の第 2 導電性部分に間隙を介して
対向する第 2 電極とを含んでいる、請求項 1 または 2 に記載の可変
5 形ミラー。

4. 前記リフレクタの各光反射領域は、前記作用部材として機能する結合部材を介して、対応する前記駆動部における前記平板部の第 1 導電性部材および第 2 導電性部材の一方に結合している、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の可変形ミラー。
10

5. 前記複数の駆動部のうちの選択された駆動部において、前記平板部の前記第 1 導電性部分と前記第 1 電極との間隔、および前記平板部の前記第 2 導電性部分と前記第 2 電極との間隔のいずれか一方を相対的に短くする動作を行うことにより、前記駆動部に結合している前記光反射領域の表面における曲率を変化させることができる請求項 4 に記載の可変形ミラー。
15

6. 前記動作は、前記選択された駆動部における前記第 1 電極および前記第 2 電極のいずれか一方に対して相対的に高い電位を与えることによって実行される請求項 5 に記載の可変形ミラー。
20

7. 前記リフレクタは、その周縁が前記基板に固定された変形

可能な膜から構成されており、

前記膜には予め張力が付与されている請求項 1 から 6 のいずれかに記載の可変形ミラー。

5 8. 前記反射膜は、前記基板の熱膨張係数よりも大きな熱膨張係数を有する材料から形成され、

前記反射膜は、使用温度に比べて高温下で形成されたものである請求項 7 に記載の可変形ミラー。

10 9. 前記結合部材は、前記膜から突出し、前記膜の材料と同一の材料から形成された部分である請求項 8 に記載の可変形ミラー。

15 10. 各駆動部における前記結合部材と回転軸との距離は、前記基板上における前記駆動部の位置の関数として設定されている請求項 9 に記載の可変形ミラー。

20 11. 前記リフレクタは、その周縁よりも内側に位置する固定点において前記基板に固定されている請求項 7 に記載の可変形ミラー。

20 12. 前記複数の駆動部のうち、前記固定点に対して相対的に近い位置に配置された駆動部は、前記固定点から相対的に遠い位置に配置された駆動部に比べ、対応する結合部材と回転軸との距離が

小さく設定されている請求項 4 に記載の変形ミラー。

13. 前記リフレクタは、相互に分離された複数の微小鏡から構成されており、

5 前記複数の微小鏡は、それぞれ、前記複数の駆動部のうちの異なる駆動部に結合され、独立して変位可能である請求項 1 に記載の変形ミラー。

10 14. 前記駆動部に駆動信号が与えられていないとき、前記微小鏡の反射面は、実質的に曲率が零となる仮想的な同一平面上に配列され、

前記駆動部に駆動信号が与えられているとき、前記反射面は、前記平面に対して前方または後方に変位する請求項 13 に記載の変形ミラー。

15

15. 前記微小鏡は、前記回転軸に平行な方向を長手方向とする形状を有し、

前記駆動部は、前記回転軸と直交する方向を長手方向とする形状を有している請求項 13 に記載の変形ミラー。

20

16. 前記複数の駆動部の選択された駆動部を指定するアドレス信号と、前記アドレス信号によって指定された前記駆動部へ与える駆動信号とを受け取り、

前記アドレス信号および前記駆動信号に基づいて、前記選択された駆動部における前記電極に電圧を印加する電圧印加回路を更に備えている請求項 1 に記載の可変形ミラー。

5 17. 前記電圧印加回路は、

第1のクロック信号によって n （ n は2以上の整数）個の出力値を循環して更新するアドレスカウンタと、

第1のクロックを n 分周して発生させた第2のクロック信号によって出力値を更新するカウンタと、

10 前記アドレスカウンタの出力に応じて格納した駆動信号を出力するメモリと、

前記メモリの出力と前記カウンタの出力とを比較するコンパレータと、

15 前記コンパレータの出力を第1のクロック信号に応じてシフトするシフトレジスタと、

前記シフトレジスタの出力を前記第2のクロック信号に応じてラッチするラッチ部と、

を備えている請求項 16 に記載の可変形ミラー。

20 18. 光源から出射された往路光を媒体に照射し、前記媒体によって変調された復路光に基づいて前記媒体が保有する情報を検出する情報装置であって、

前記復路光の光軸を横切る断面に含まれる複数の検出領域の各々

について、前記復路光の波面を検出する波面検出器と、

前記往路光および／または復路光の光路中に設けられ、前記光路を横切る面上に配列された複数の駆動部の動作によって前記往路光および／または復路光の光路長を局所的に変化させる波面補正器と、

5 前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記波面補正器に複数の駆動信号を供給し、前記復路光の全体波面を再構成させる制御部と、を備えている情報装置。

10 19. 前記制御部は、非対角な変換要素を備えた多入力多出力変換部を有している請求項18に記載の情報装置。

20. 前記波面検出器は、

前記検出領域の各々について、独立して前記復路光を偏向する偏向器と、

15 前記検出領域の各々について、前記偏向器によって偏向された前記復路光を受ける複数の受光部を備えた分割フォトディテクタを有する光検出器と、を備え、

20 前記分割フォトディテクタの複数の分割部の各々の出力を比較して、前記復路光の各検出領域における波面を検出する請求項18に記載の情報装置。

21. 前記復路光の強度が相対的に低い部分に配設された検出

領域の面積は、前記復路光の強度が相対的に高い部分に配設された検出領域の面積よりも大きく設定されている請求項 20 に記載の情報装置。

5 22. 前記復路光は、光路中心からの距離に応じて減少する強度分布を有し、

前記光路中心を横切る検出領域の面積は、他の検出領域の面積よりも小さく、

10 前記光路中心から離れるに従って検出領域の面積が大きく設定され、

前記光路中心からの距離が同一の検出領域の形状は、相互に略同一であり、前記光路中心に関して回転対称性を有している請求項 21 に記載の情報装置。

15 23. 前記媒体は、所定方向に沿在する回折溝を有し、

前記複数の検出領域は、前記回折溝による干渉条件に応じて分割されており、同一の前記検出領域内では、前記干渉条件がほぼ同一であるように設定されている請求項 20 に記載の情報装置。

20 24. 前記検出領域は、前記回折溝による干渉条件がほぼ同一となる領域が複数に分割されたものである請求項 23 に記載の情報装置。

25. 前記偏向器は、前記検出領域毎に異なる回折格子パターンを有するホログラムを含み、

前記ホログラムは、各検出領域毎に異なる少なくとも2つの偏向方向に復路光を偏向し、

5 前記2つの偏向方向に含まれる第1の偏向方向に偏向された復路光は、第1の分割方向に分割線を設けた第1の分割ディテクタにより受光され、

前記2つの偏向方向に含まれる第2の偏向方向に偏向された復路光は、第1の分割方向と少なくとも異なる第2の分割方向に分割線を設けた第2の分割ディテクタにより受光され、

10

前記各分割線で分割されたディテクタ同士の出力を比較して、前記分割線の法線方向である異なる2方向の波面成分が検出される請求項20に記載の情報装置。

15 26. 復路光に基づいて媒体が保有する情報を検出する媒体情報検出部と、

前記媒体情報検出部の出力に基づいて前記波面検出器の出力を有効とするタイミングを生成するタイミング部と、
を備え、

20 前記波面検出器は、前記タイミング部から出力された前記タイミングに基づいて、前記復路光の局所波面を検出する請求項18に記載の情報装置。

27. 前記波面補正器は、
前記往路光および／または復路光を反射する反射鏡と、
前記反射鏡を静電力により双方向に変位させる複数の駆動部と、
を備えている請求項18に記載の情報装置。

5

28. 光源から出射された往路光を媒体に照射し、前記媒体によって変調された復路光に基づいて前記媒体が保有する情報を検出する情報装置であって、

前記復路光の光軸を横切る断面に含まれる複数の検出領域の各々
10 について、前記復路光の波面を検出する波面検出器と、

前記往路光および／または復路光の光路中に設けられ、前記光路を横切る面上に配列された複数の駆動部の動作によって前記往路光および／または復路光の光路長を局所的に変化させる波面補正器と、

前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記波面補正器に複数の
15 駆動信号を供給し、前記復路光の全体波面を再構成させる制御部と、
を備え、

前記波面補正器は、請求項1から17のいずれかに記載の変形ミラーを備えている、情報装置。

20 29. 前記制御部は、

波面検出器の出力を積分する積分部と前記積分部の出力を線形変換する非対角な第1の行列演算部とを備えた定常偏差補償部と、

前記定常偏差補償部の出力と前記波面検出器の出力とから波面補

正器の状態を演算予測する非対角な第2の行列演算部を備えた安定化補償部と、

前記定常偏差補償部の出力と前記安定化補償部の出力との和を入力して駆動部への駆動信号を生成する対角変換部と、

5 を備えている請求項19に記載の情報装置。

30. 前記対角変換部が非線形演算を行うことを特徴とする請求項29に記載の情報装置。

10 31. 出射光の波長が互いに異なる複数の光源と、前記各光源から出射された各波長の往路光を前記媒体に照射する光学系とを備えており、

前記波面補正器は、前記光学系の中に配置され、

前記波面検出器は、前記媒体によって変調された復路光を各波長毎に分離し、各波長毎に前記復路光の波面を検出する請求項18に記載の情報装置。

32. 前記複数の光源から出射された往路光を集光して媒体に照射する対物レンズを備え、

20 前記対物レンズの前記媒体側の開口数は、選択された光源に応じて、第1の値および前記前記第1の値よりも小さな第2の値のいずれかをとり得る請求項31に記載の情報装置。

33. 前記複数の光源のうちの少なくとも1つの光源は、発散方向の有限系光として機能する往路光を形成し、前記往路光が入射する前記対物レンズの前記媒体側の開口数は、第2の値に設定される請求項32に記載の情報装置。

5

34. 前記往路光の結像点は、前記対物レンズの手前に形成される請求項33に記載の情報装置。

35. 対物レンズの媒体側の開口数に第1の値をとらしめた場合に保有する情報を適切に検出するように構成された第1の媒体と、
10 前記対物レンズの媒体側の開口数に第2の値をとらしめた場合に保有する情報を適切に検出するように構成された第2の媒体とを受け入れ可能に設け、前記検出が適切に行われたか否かを判別して前記第1の媒体と前記第2の媒体を識別する媒体識別部を設けた情報
15 装置であって、最初に前記対物レンズの媒体側の開口数に前記第2の値をとらしめた状態で前記の媒体識別部により媒体が前記第2の媒体であるか否かを識別させた後に、前記対物レンズの媒体側の開口数に前記第1の値をとらしめた状態で前記の媒体識別部により媒体が前記第1の媒体であるか否かを識別させることを特徴とする請
20 求項32に記載の情報装置。

36. 光源から出射された往路光を対物レンズで集光して媒体に照射し、前記媒体によって変調された復路光に基づいて前記媒体

が保有する情報を検出する情報装置であって、前記復路光を複数の検出領域に分割し、前記各検出領域毎の前記復路光の波面を検出する波面検出器と、前記波面検出器の複数の出力に基づいて前記復路光の全体波面の曲率を表す値を算出する曲率算出部と、前記曲率算出部の出力に基づいて前記対物レンズを制御する対物レンズ制御部を備えている情報装置。

37. 光ビームを複数の検出領域に分割して偏向させる偏向器と、

10 前記偏向器によって偏向させられた前記光ビームを受光する位置に配置された光検出器と、

前記光検出器の出力に基づいて前記光ビームの波面を補正する波面補正器とを

を備えた補償光学装置であって、

15 前記偏向器、光検出器、および波面補正器が同一基板上に形成されており、

前記光ビームが前記波面補正記録媒体に入射する光路を形成する平行平板状の誘電体部材を更に備えている補償光学装置。

20 38. 前記誘電体部材は、前記基板の主面に対して非平行な傾斜面を備えたマイクロプリズムから形成されており、

前記傾斜面が前記光ビームの入射面または出射面として機能する請求項37に記載の補償光学装置。

39. 前記光ビームの入射方向または出射方向は、前記マイクロプリズムの傾斜面に対する法線方向と略一致する請求項38に記載の補償光学装置。

5 40. 請求項1から17のいずれかに記載の変形ミラーと、
前記変形ミラーによって反射された光が媒体によって変調された光を受け取る光検出器とを備え、

前記変形ミラーおよび前記光検出器が同一基板上に集積されている補償光学装置。

10

41. 請求項37から請求項39のいずれかに記載の補償光学装置を備えた情報装置。

42. 請求項40に記載の補償光学装置を備えた情報装置。

15

図 1

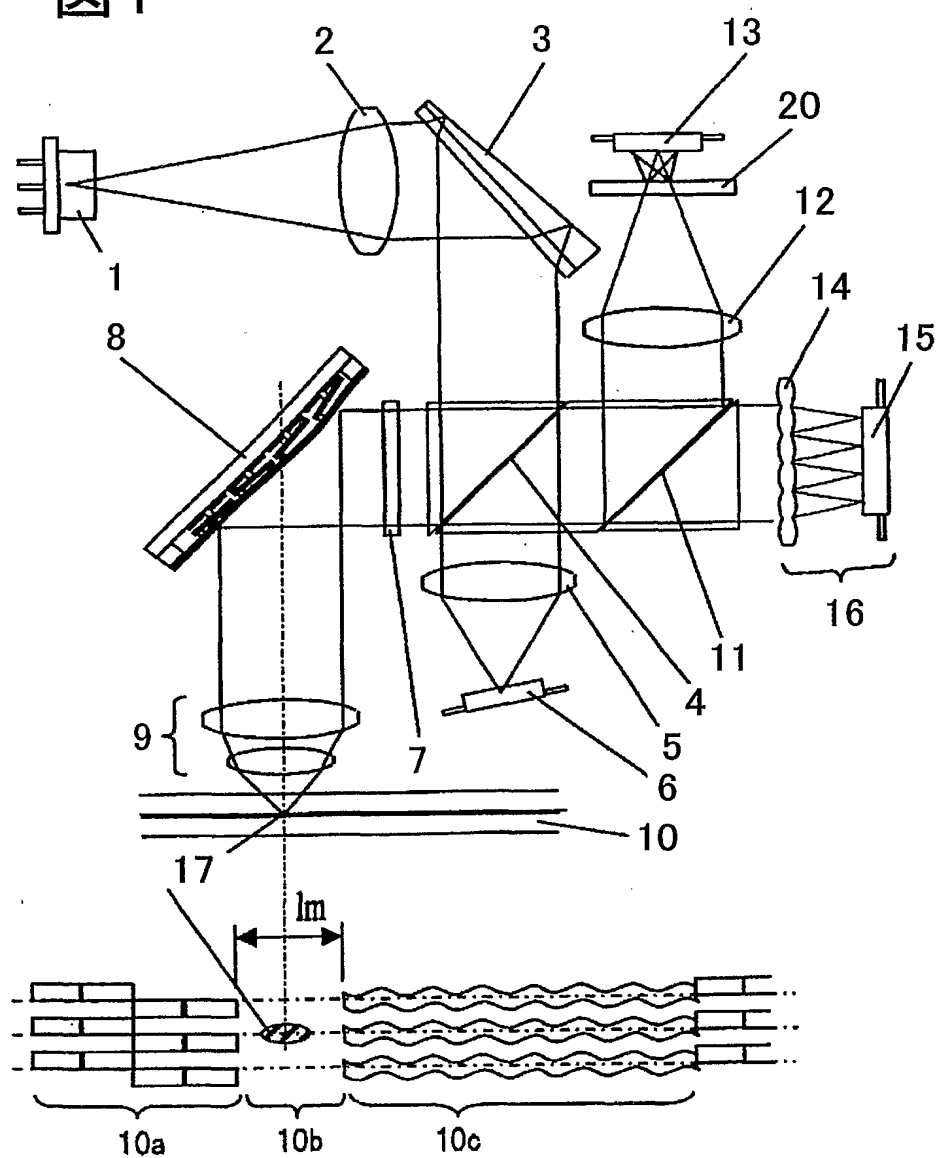


図2

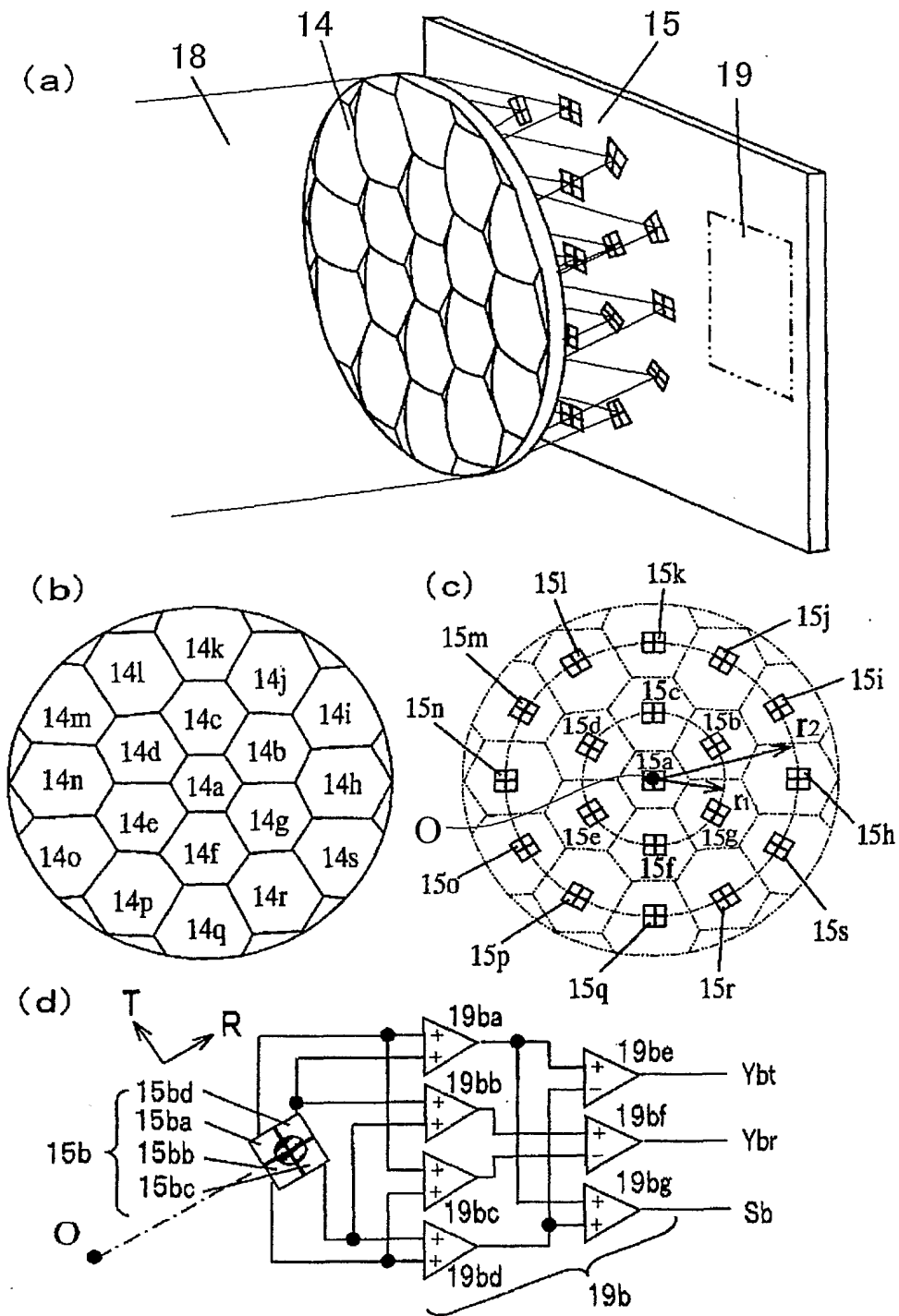


図3

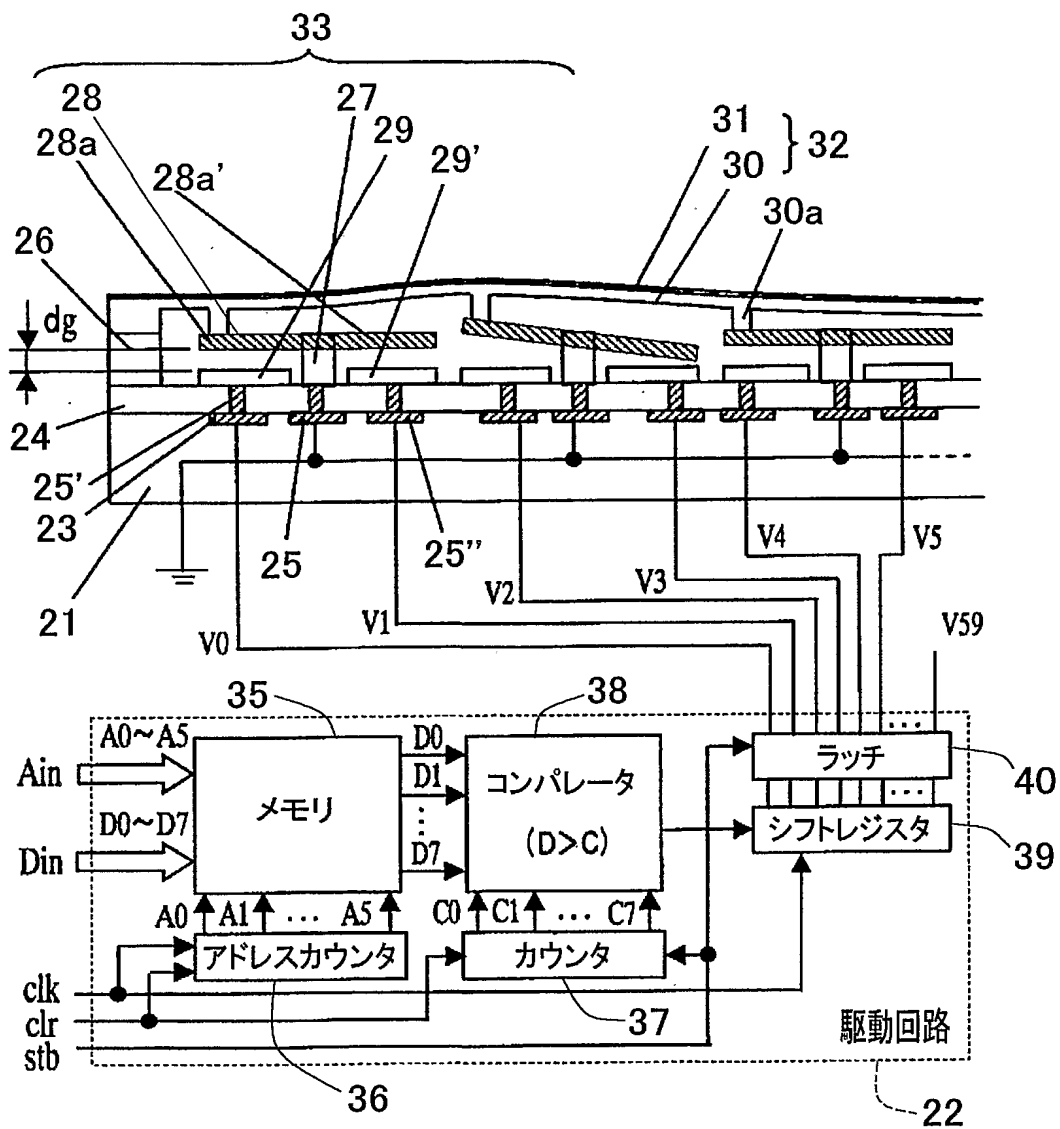


図4

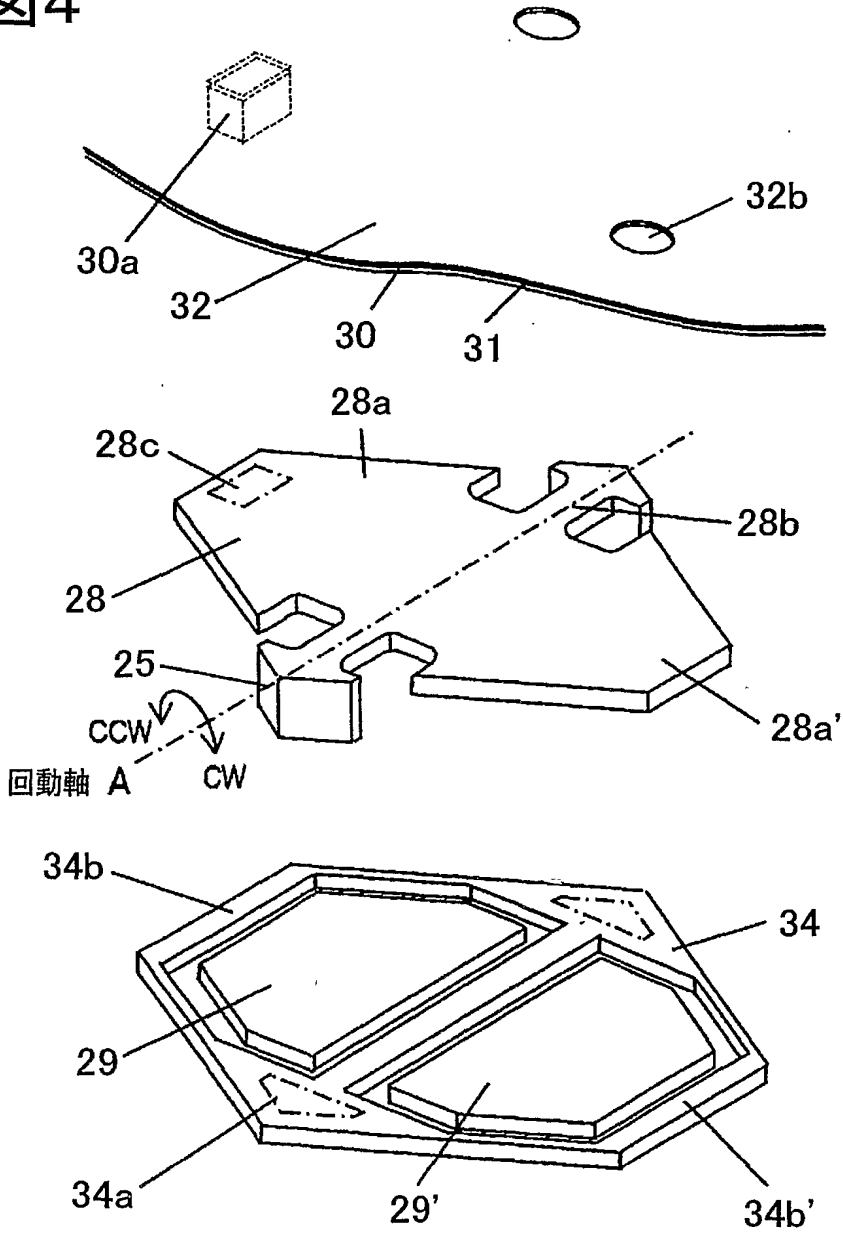


図5

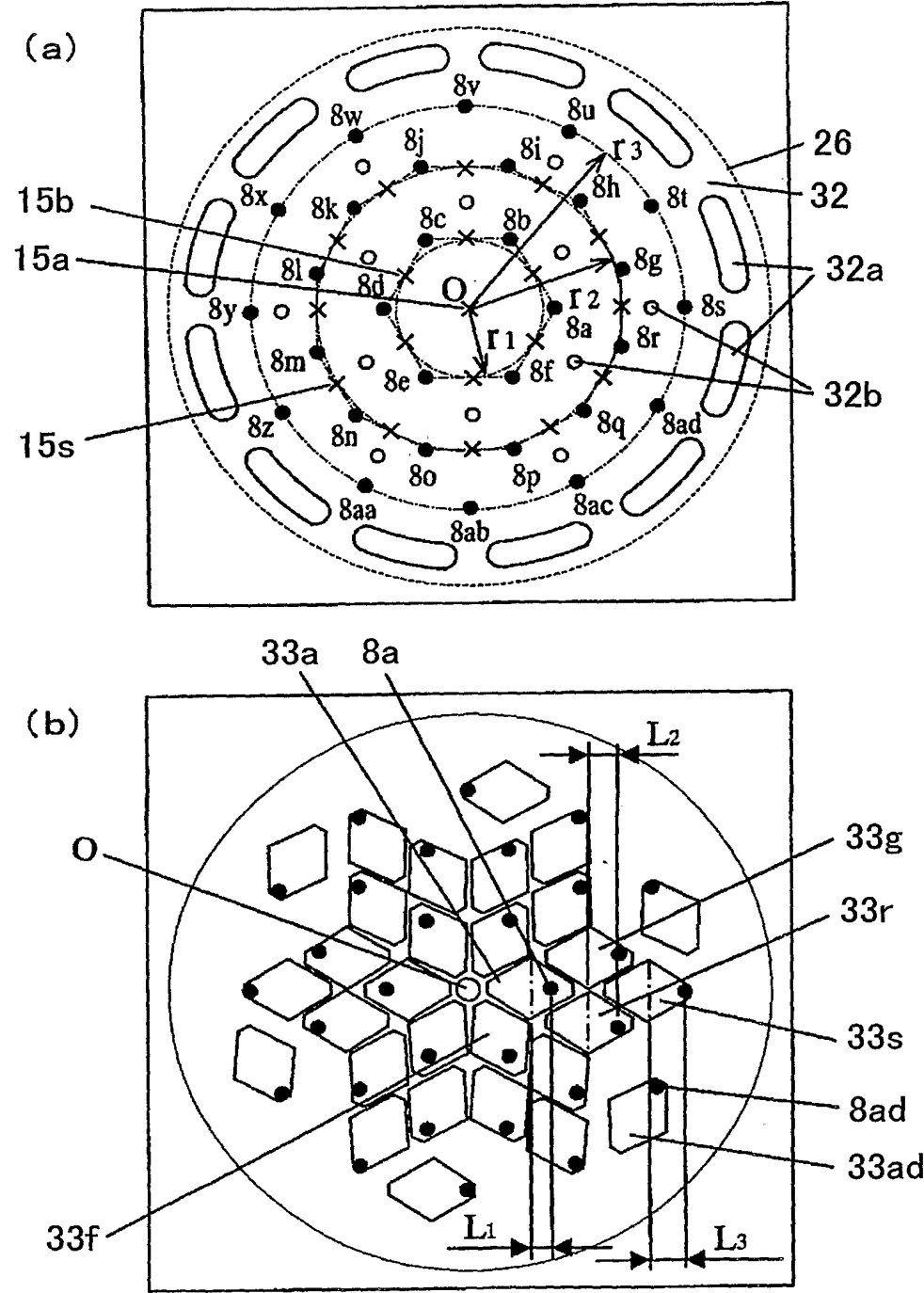


図6

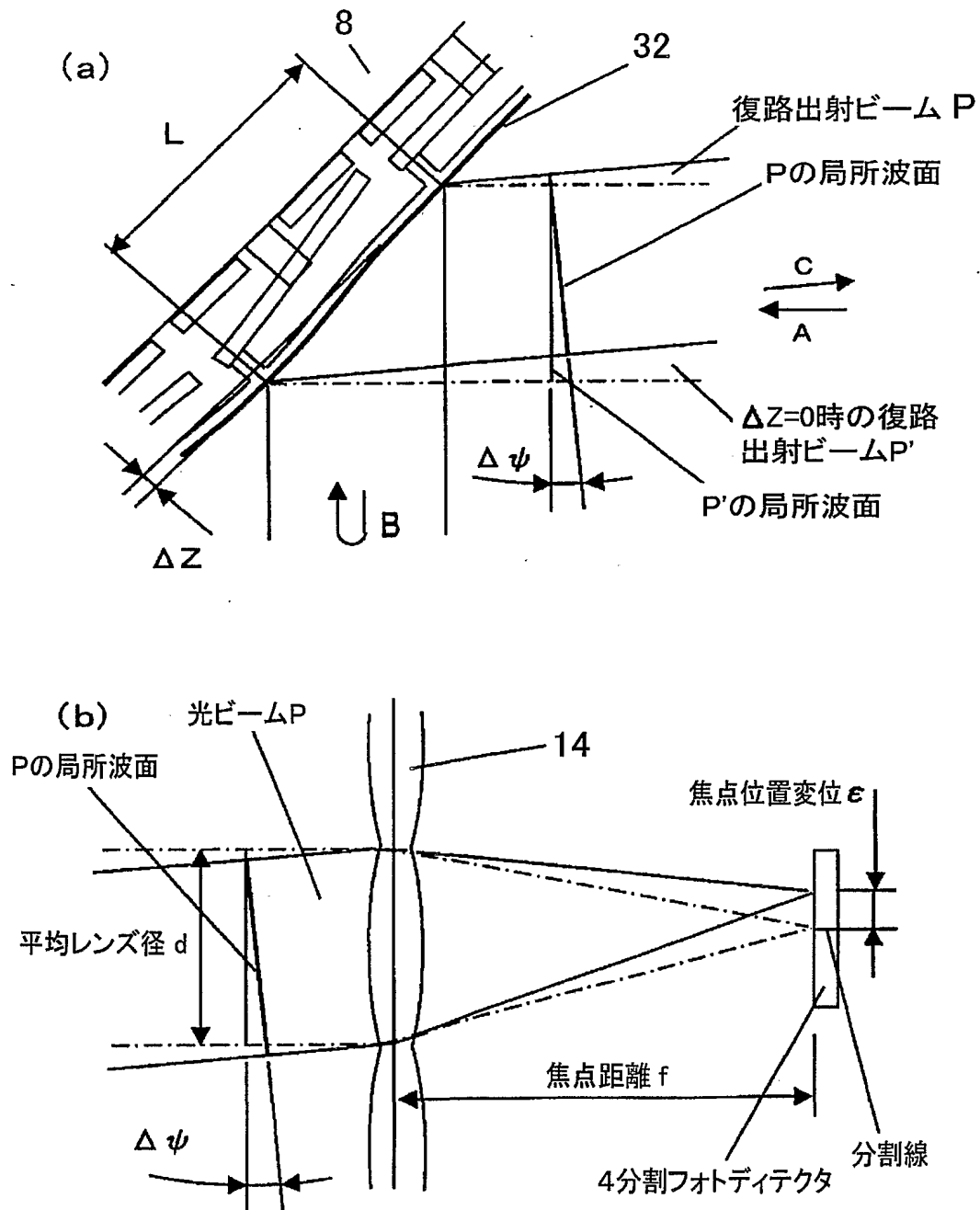


図7

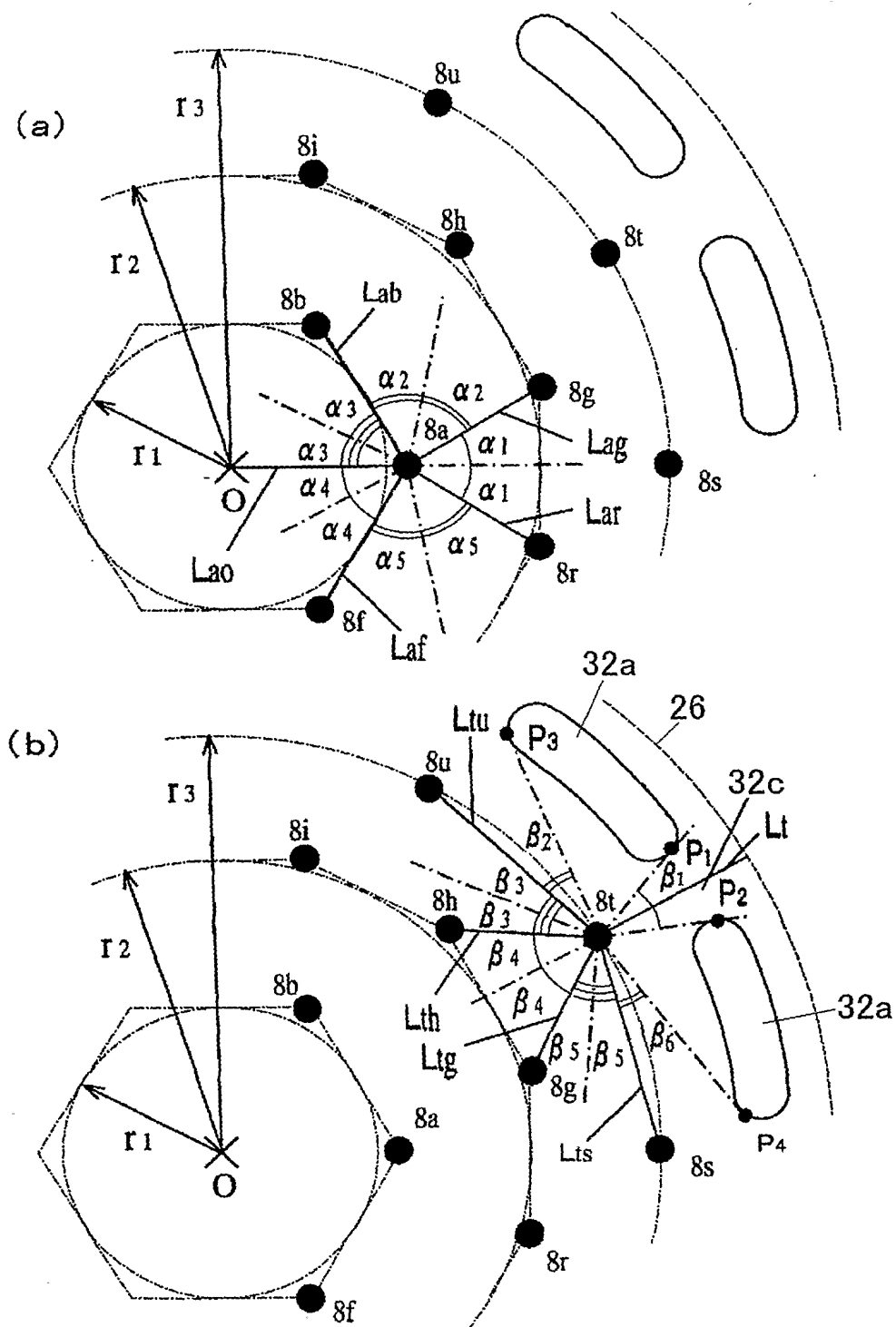


図8

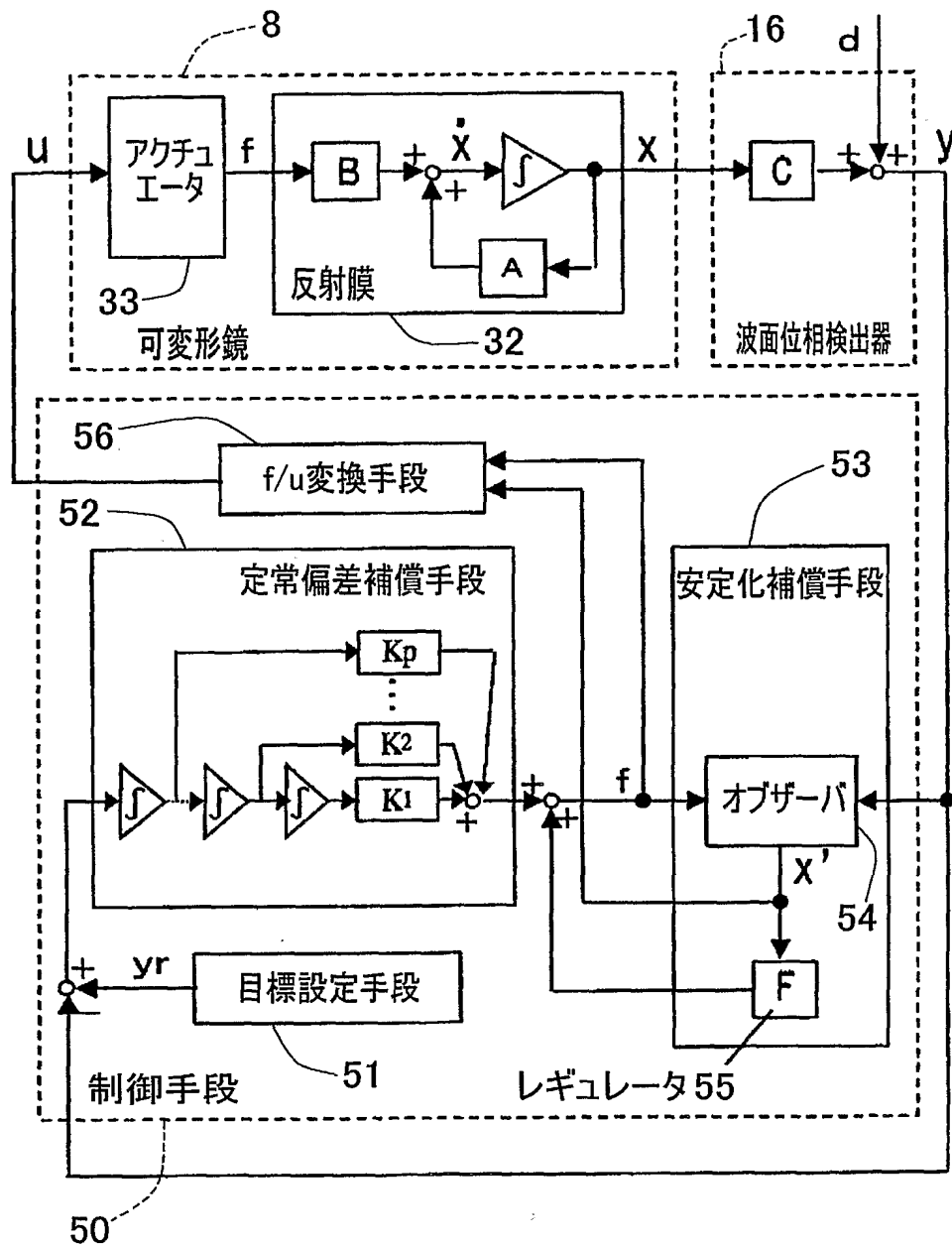


図9

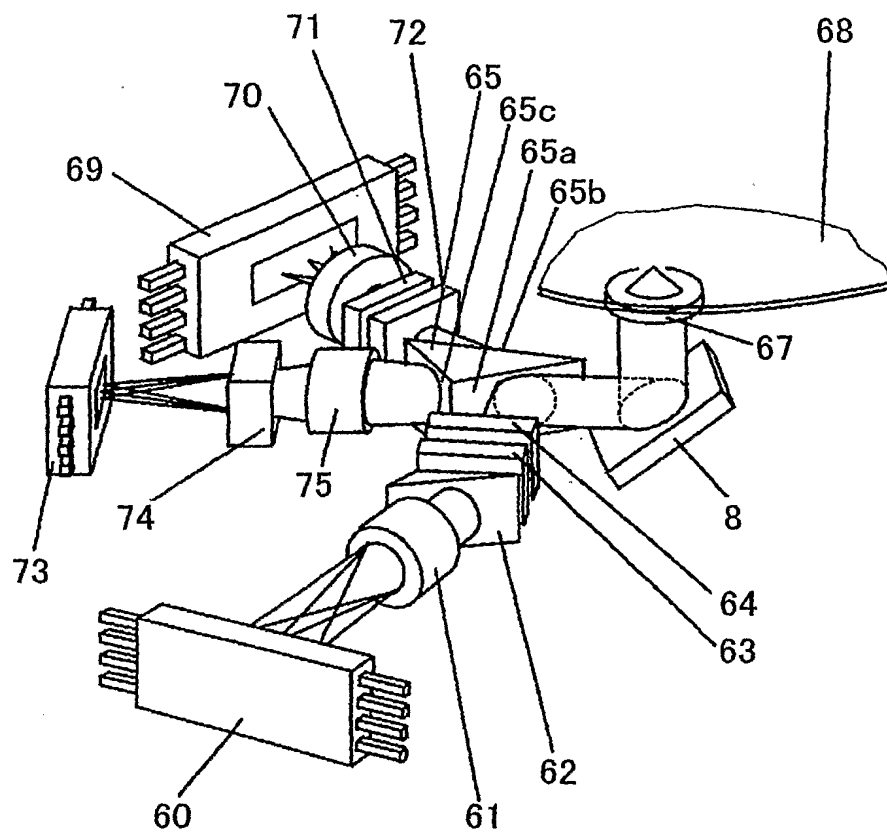


図10

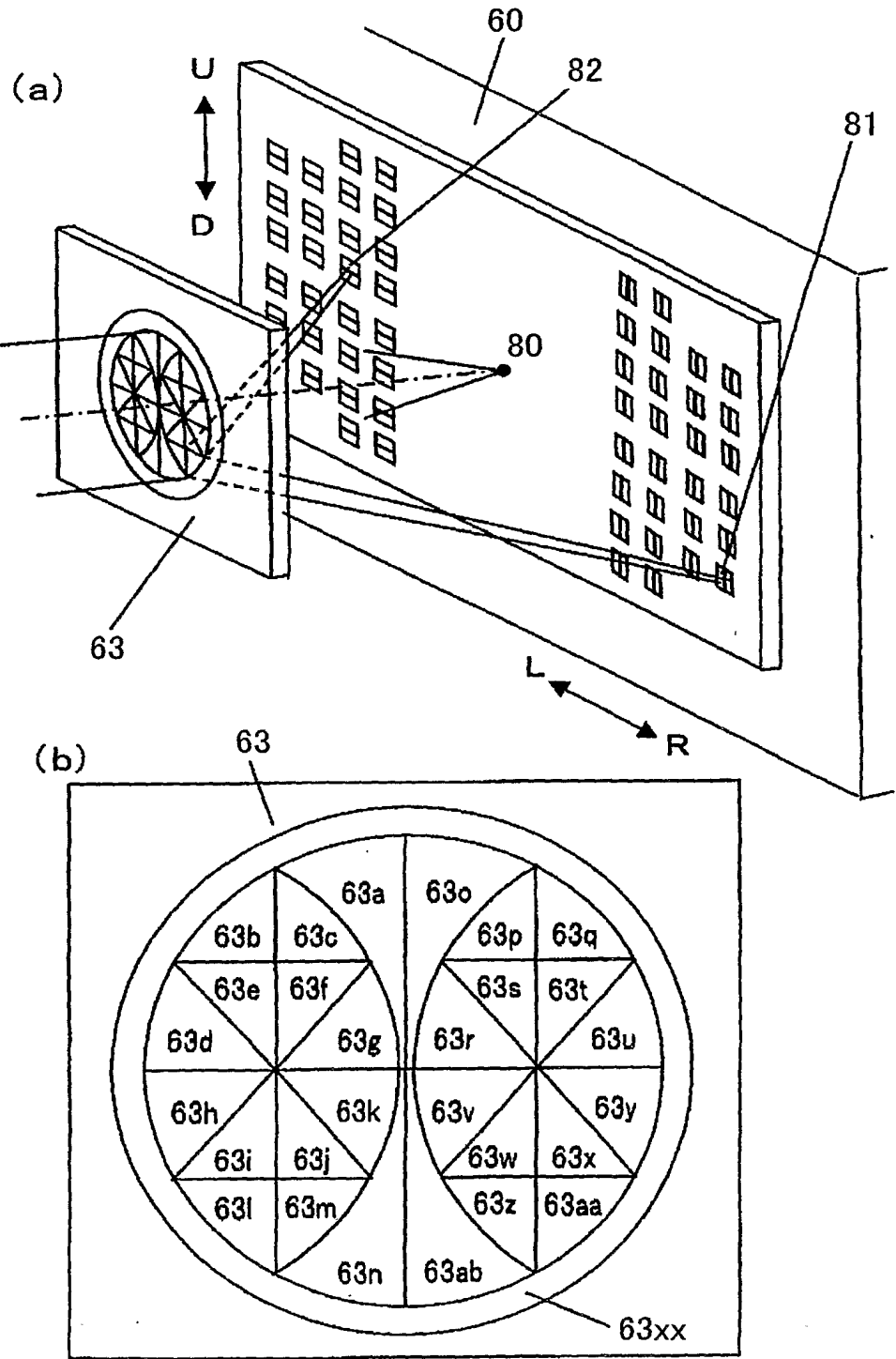


図 11

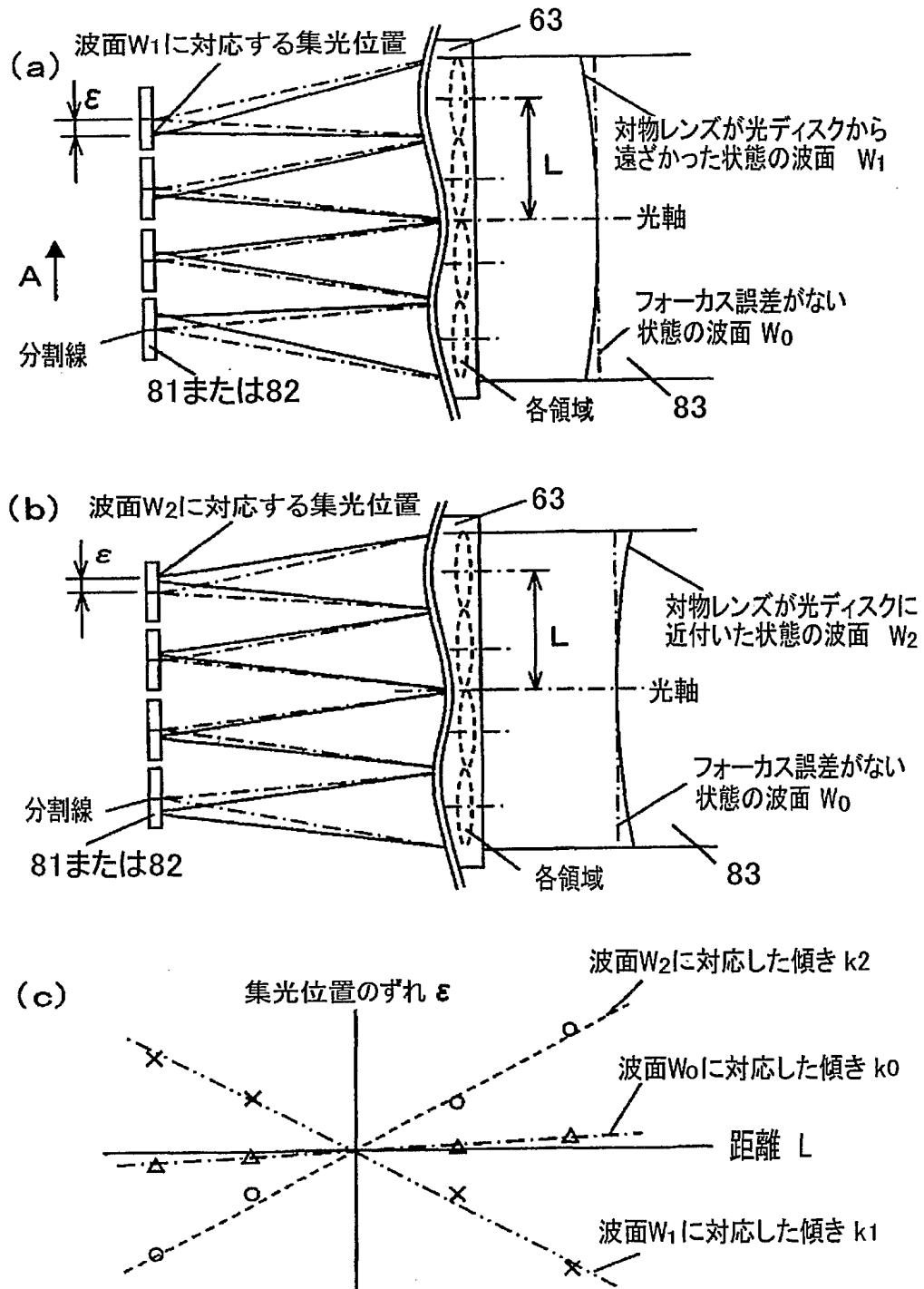


図12

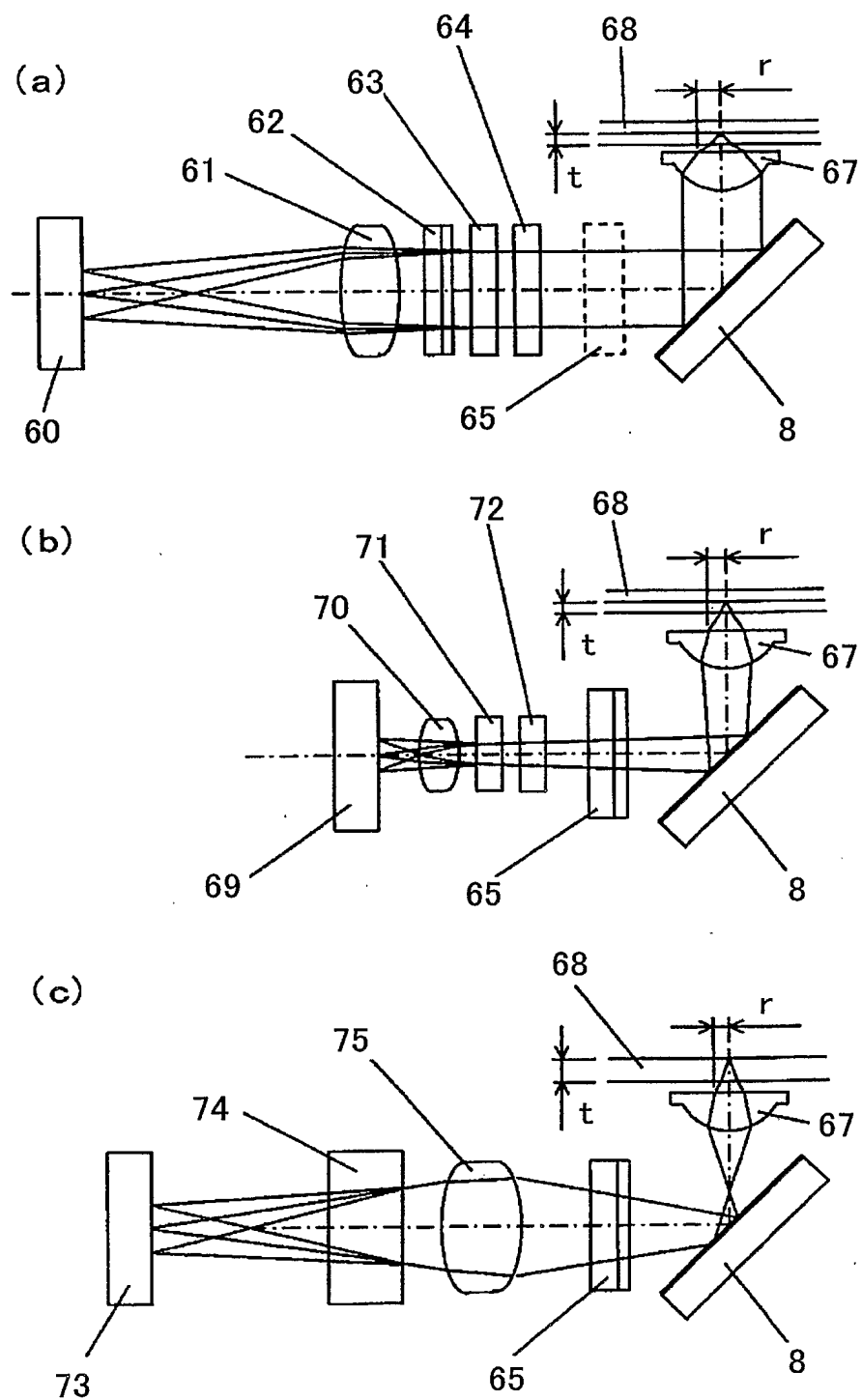


図14

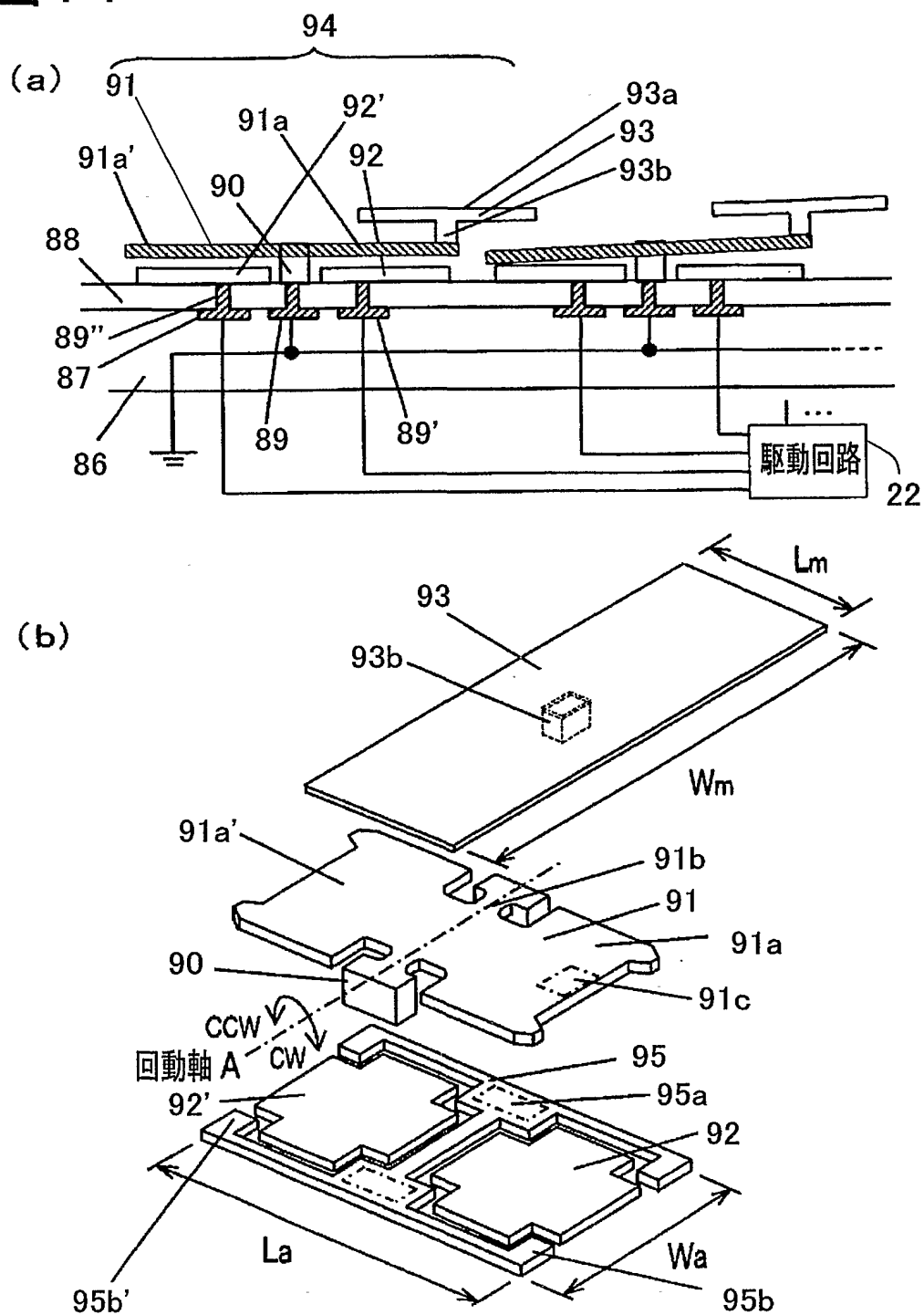


図 15

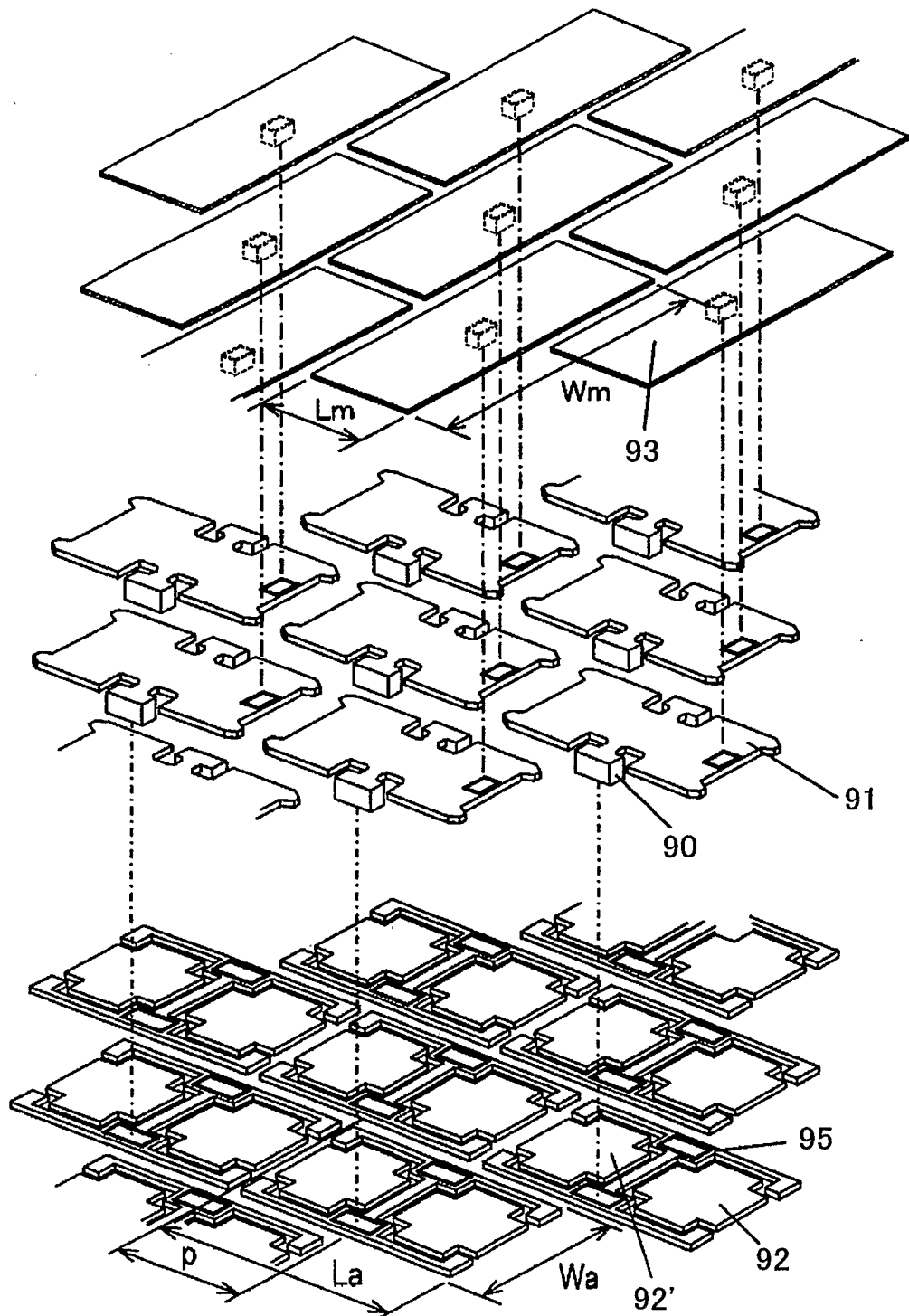


図16

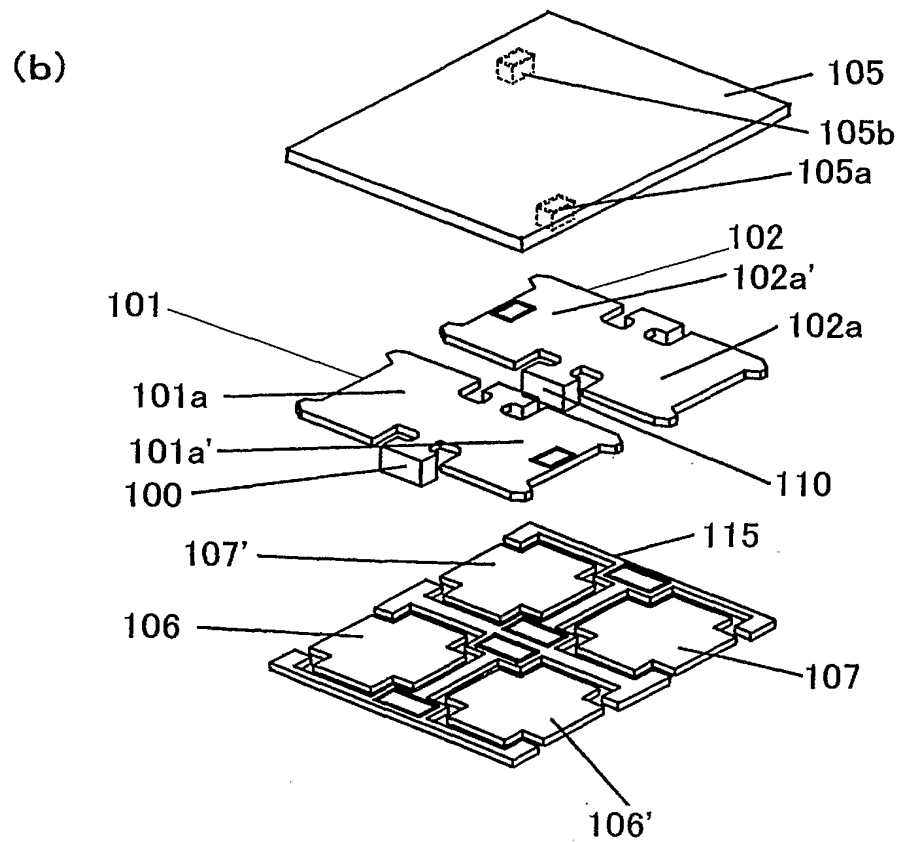
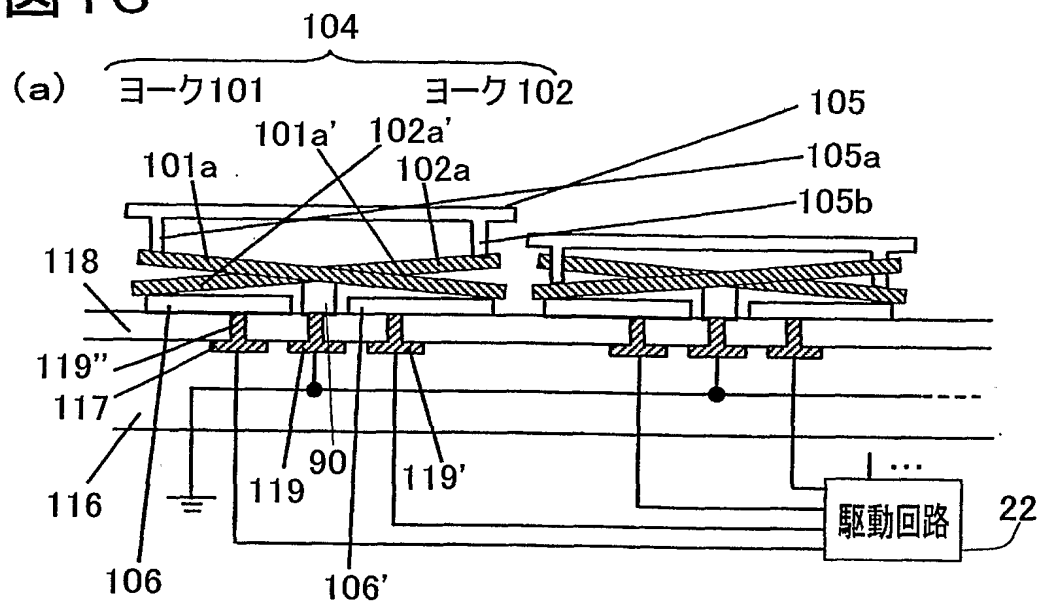


図17

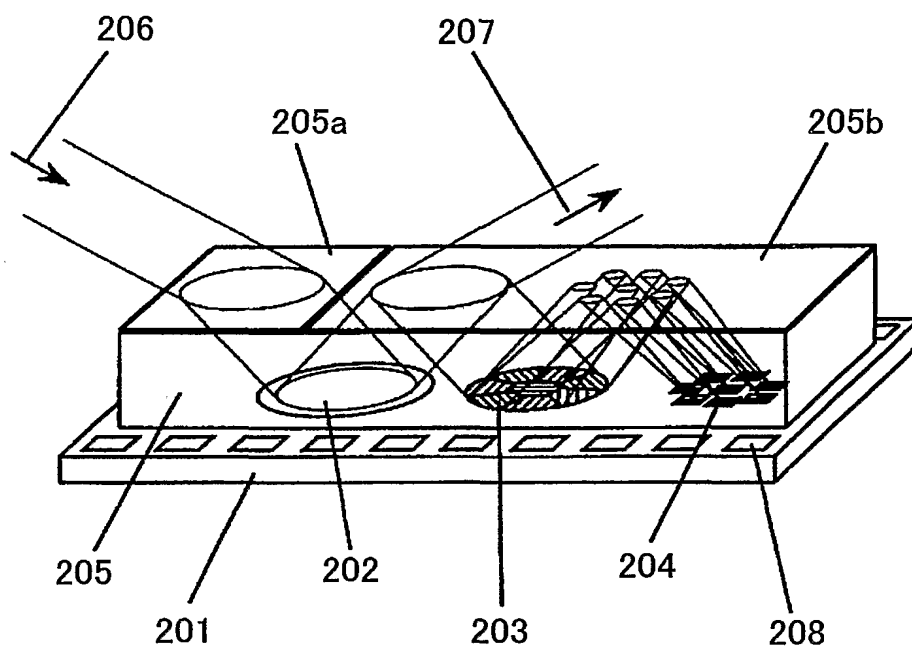


図18

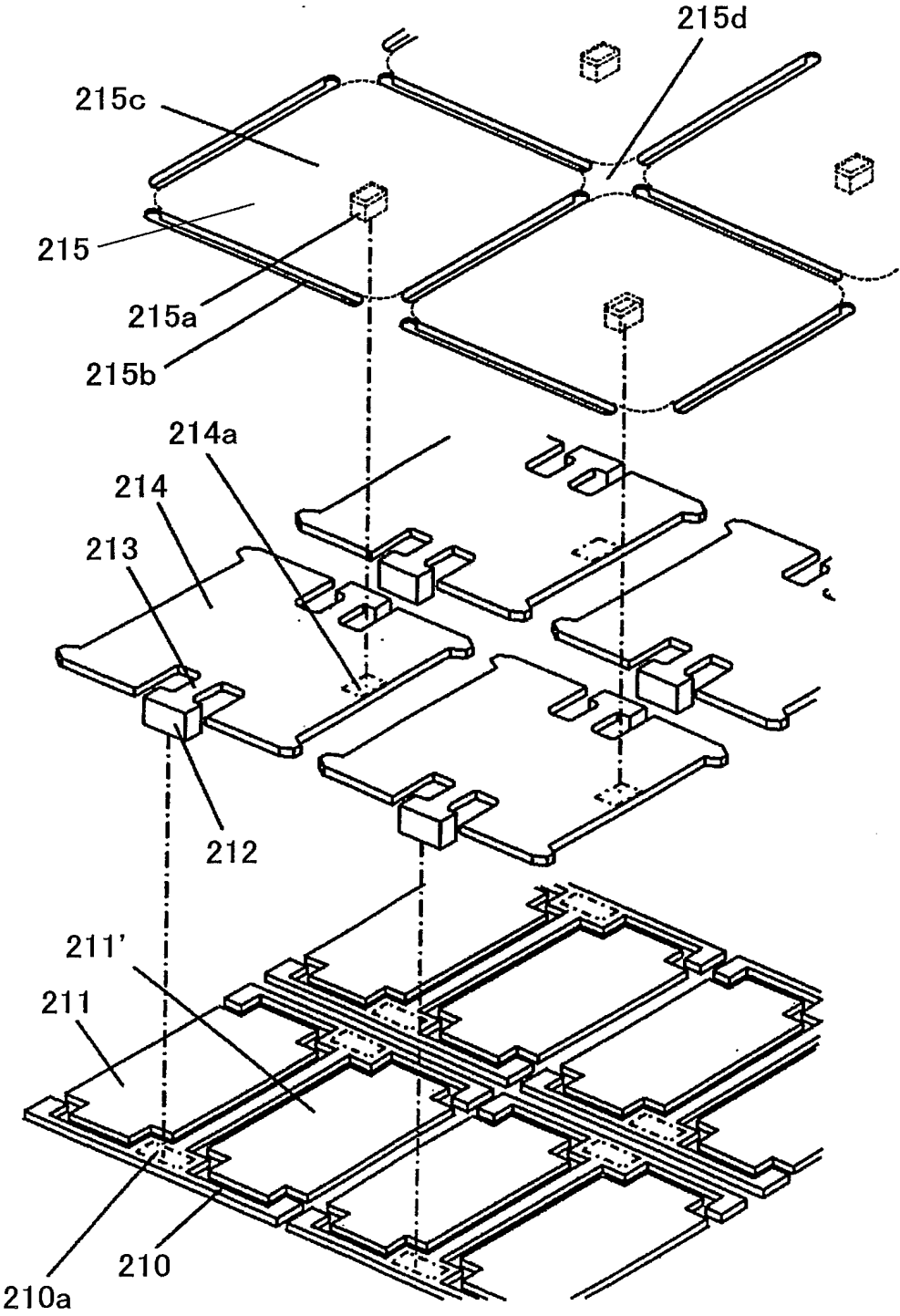


图 19

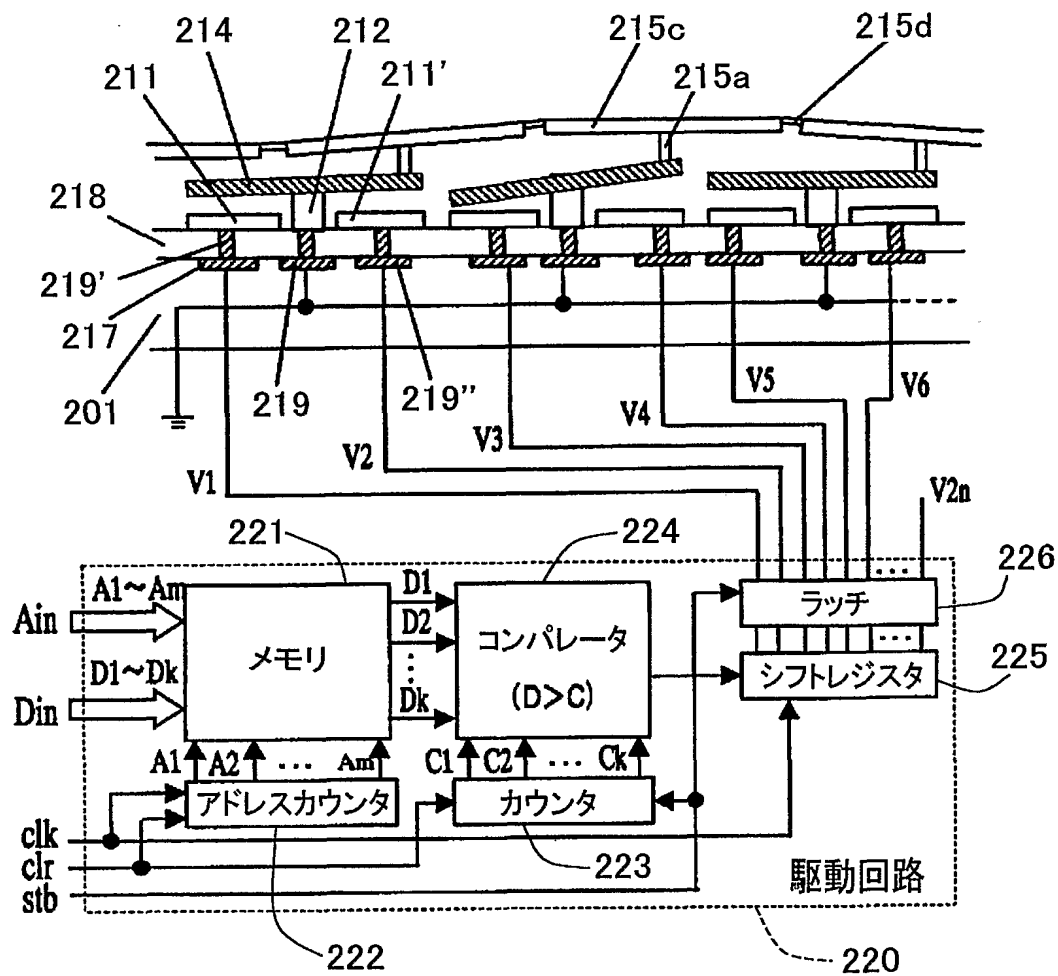
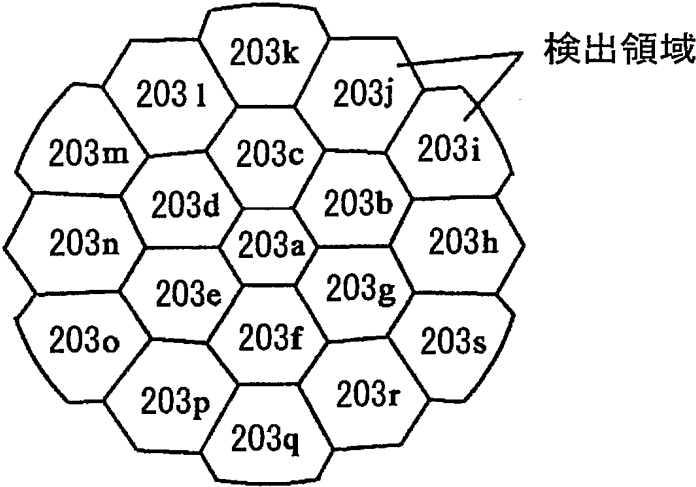


図20

(a)



(b)

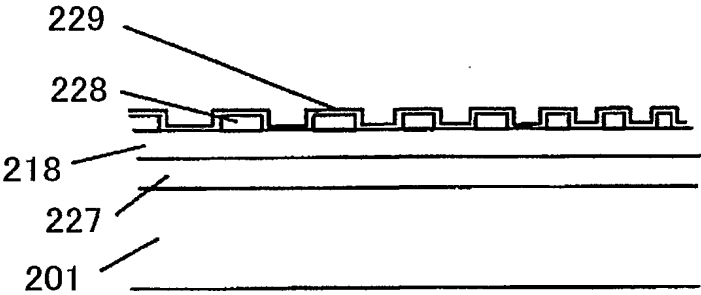
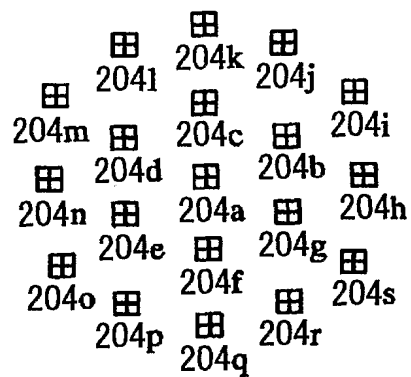
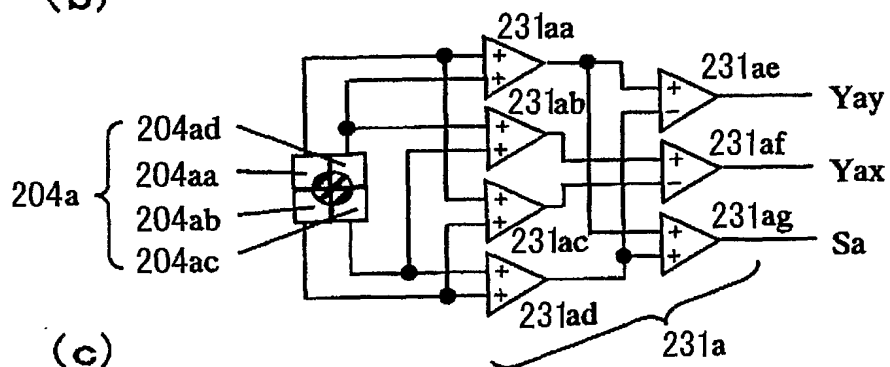


図21

(a)



(b)



(c)

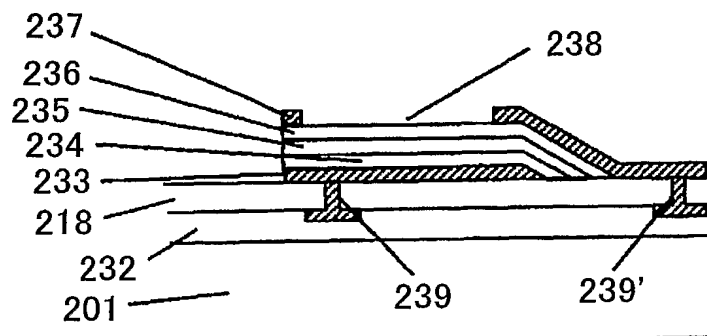


図22

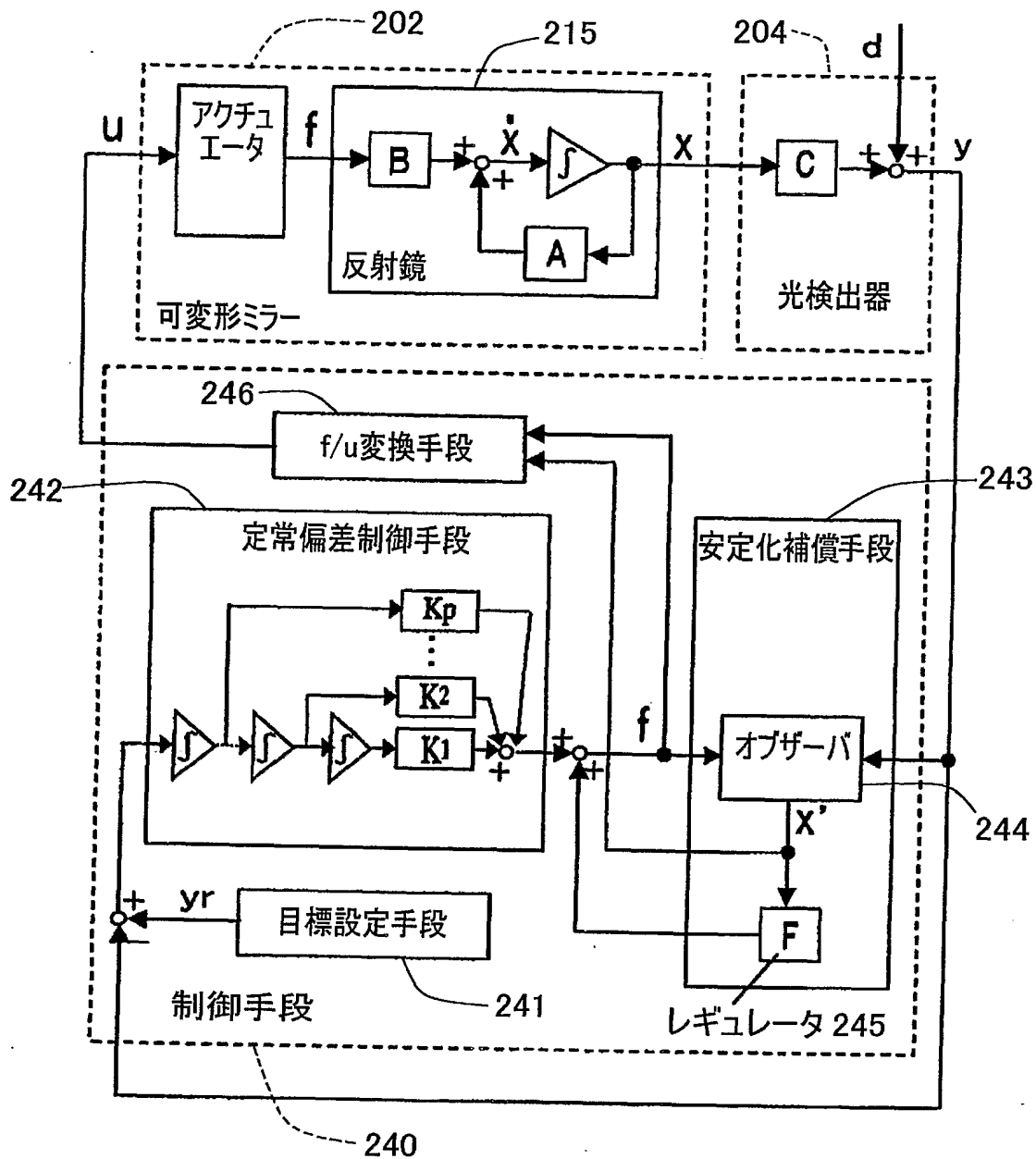


図23

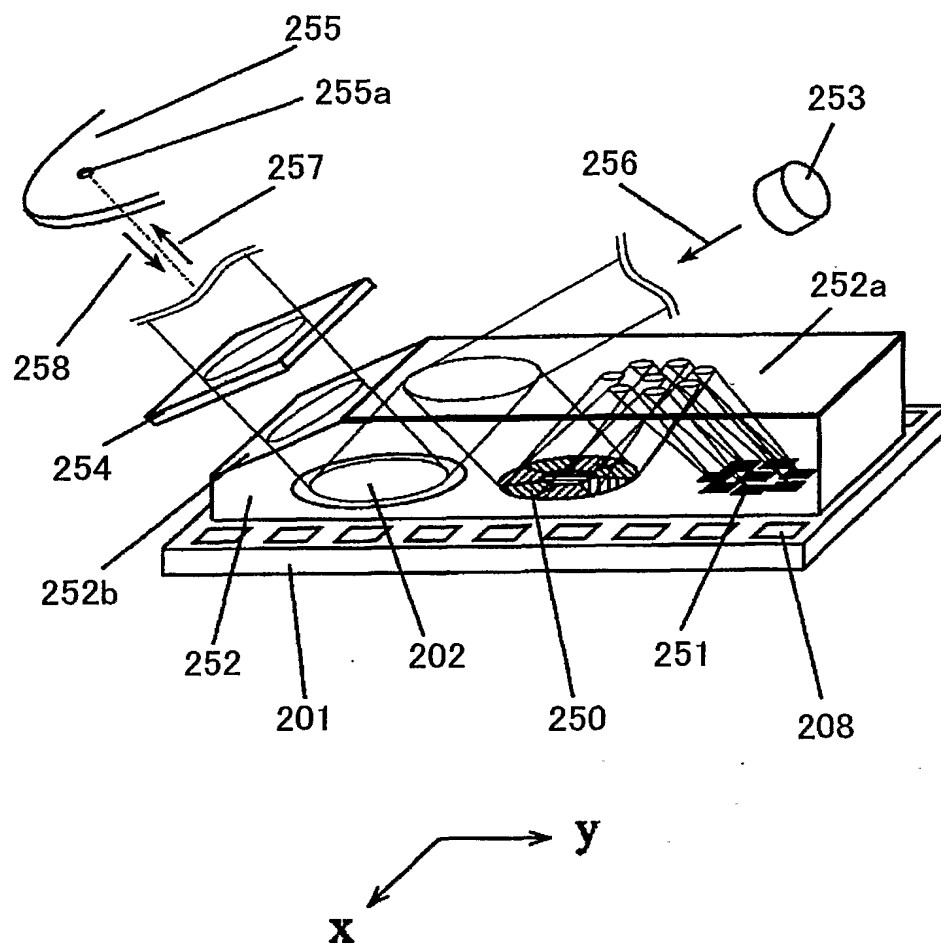


図24

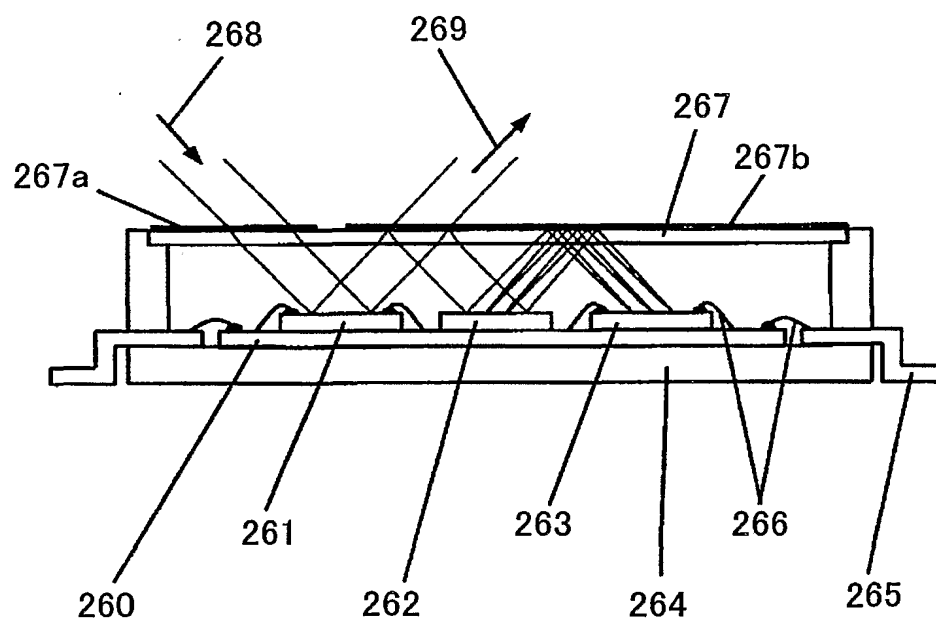


図25

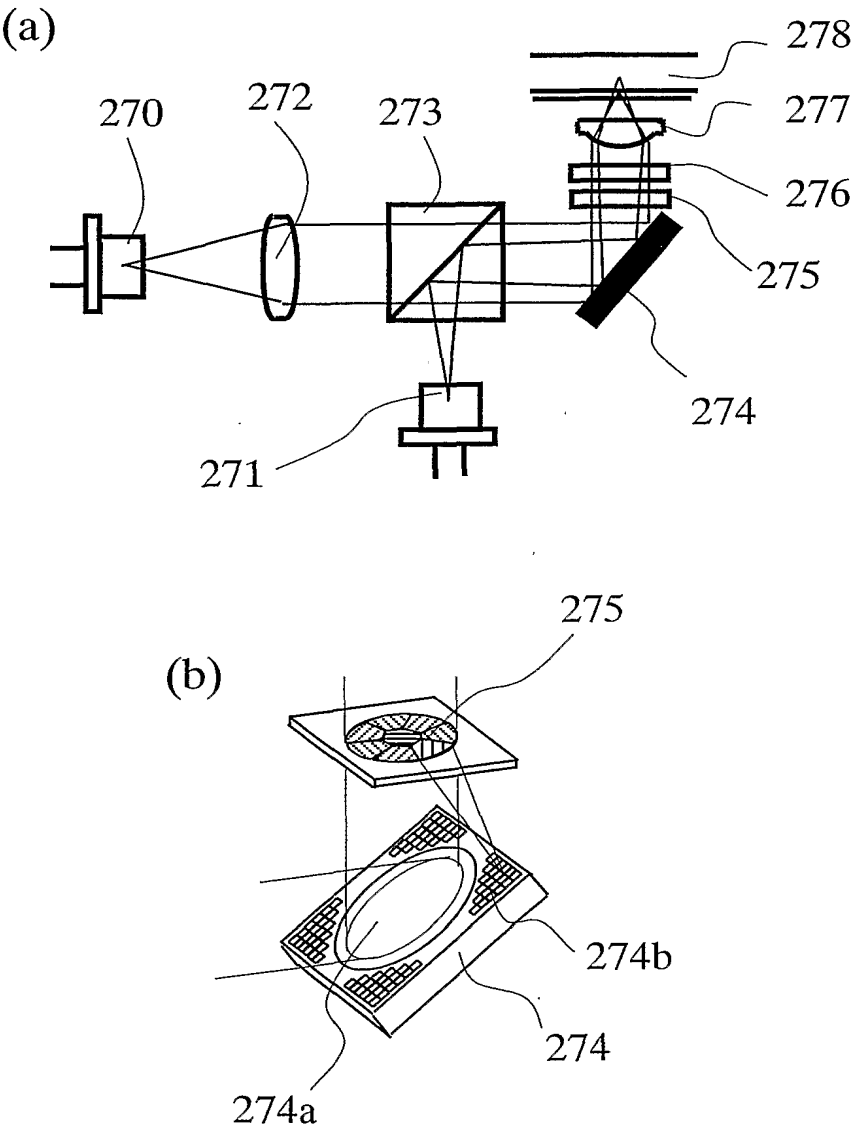
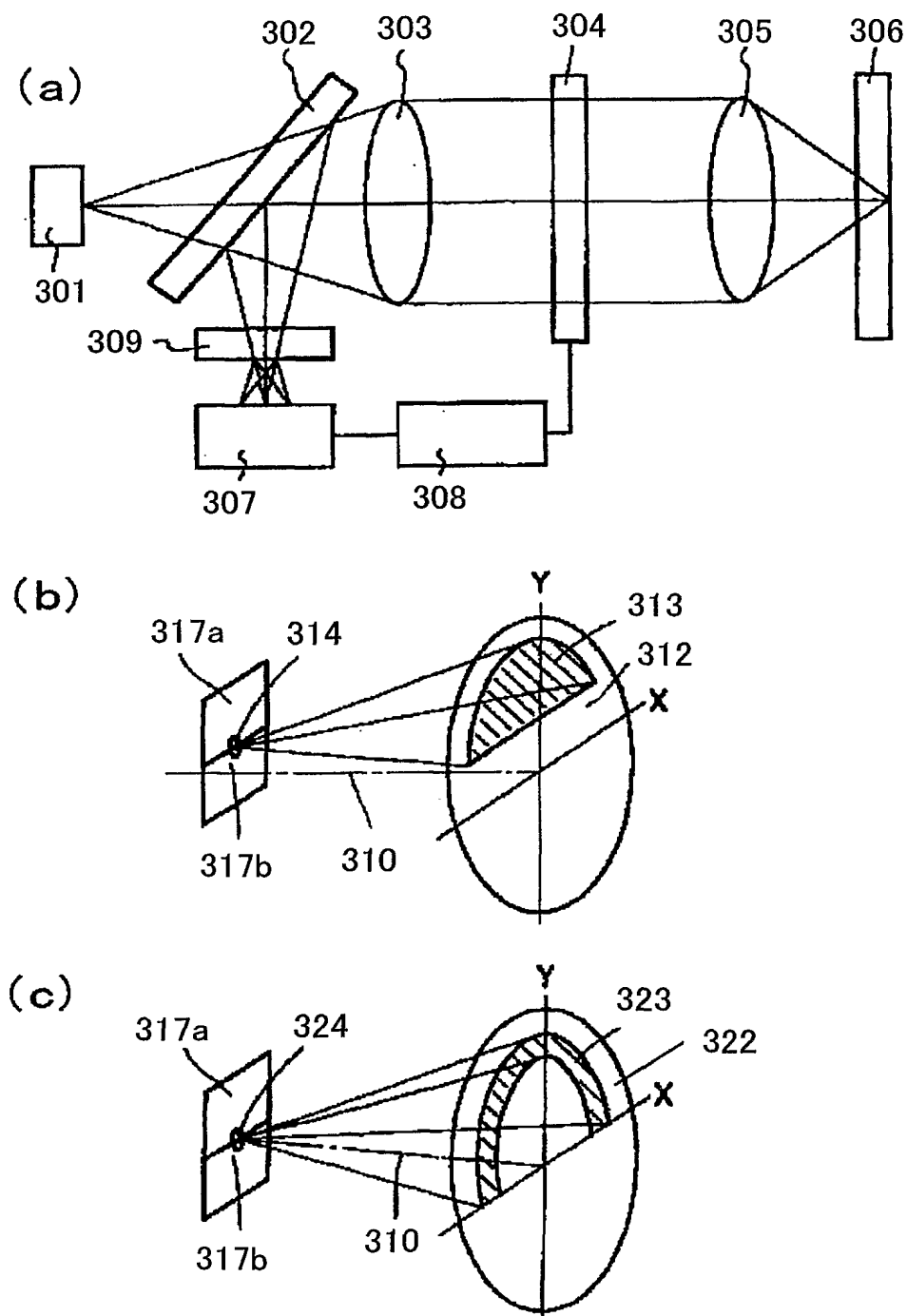


図26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B26/06, G11B7/125, 7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B26/06, G11B7/09-7/135

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS), WPI/L (QUESTEL)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-231234 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 27 August, 1999 (27.08.99),	1, 2, 4-6, 13, 14, 16
Y	Full text	3, 17, 28, 40,
A	(Family: none)	42
		7-12, 15
Y	JP 11-305159 A (Seiko Instruments Inc.), 05 November, 1999 (05.11.99), Par. No. [0020]; Fig. 7 (Family: none)	3
Y	US 5079544 A (Texas Instruments Inc.), 07 January, 1992 (07.01.92), Par. No. [0015], line 40 to Par. No. [0016], line 15 & JP 3-40693 A	17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
19 April, 2002 (19.04.02)

Date of mailing of the international search report
14 May, 2002 (14.05.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00676

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-182268 A (Pioneer Electronic Corp.), 30 June, 2000 (30.06.00), Par. Nos. [0041] to [0042] Full text (Family: none)	28, 40, 42
Y	Tadashi ARIGA, "Hosho Kogaku no Tsushin·Keisoku eno Oyo", The Journal of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 1997, Vol.80, No.12, pages 1237 to 1241	18, 20, 23, 26, 27
A	KRISHNAMOORTHY MALI R., et al., Development of microelectromechanical deformable mirrors for phase modulation of light, Optical Engineering, February 1997, Vol.36, No.2, pages 542 to 548	1-17, 28, 40, 42
E, A	JP 2001-242394 A (Perfect Vision Optische Geräte GmbH), 07 September, 2001 (07.09.01), Full text & US 6220707 A	1-42
X	JP 2000-137926 A (Pioneer Electronic Corp.), 16 May, 2000 (16.05.00), Full text (Family: none)	18, 19
X	JP 10-222856 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 21 August, 1998 (21.08.98), Full text (Family: none)	18, 20, 27, 37-39, 41, 42
Y		21-26, 31-36, 40
A		29, 30
Y	JP 1-253841 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 October, 1989 (11.10.89), Fig. 4 (Family: none)	21, 22
Y	JP 2000-235715 A (Sony Corp.), 29 August, 2000 (29.08.00), Par. Nos. [0110], [0176] to [0183]; Figs. 11, 24 (Family: none)	23, 24
Y	JP 11-73658 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 March, 1999 (16.03.99), Figs. 3 to 9 (Family: none)	25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00676

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 790604 A2 (Kabushiki Kaisha Toshiba),	26
Y	20 August, 1997 (20.08.97), Column 7, lines 34 to 37; column 9, line 57 to column 10, line 3; Full text & JP 9-282785 A	31-35
Y	JP 9-237425 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 09 September, 1997 (09.09.97), Par. No. [0065] (Family: none)	31-34
Y	JP 10-289468 A (Konica Corp.),	33, 34
Y	27 October, 1998 (27.10.98), Par. Nos. [0027], [0032] (Family: none)	36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00676

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The subject matter common to claims 1-17, 28, 40, 42 is a variable mirror (wherein each of drive sections comprises electrodes, rotary members, and working members).

The subject matter common to claims 18-27 and 29-36 is an information apparatus (wherein each of detecting regions comprises a wavefront detector which detects the wavefront of returning light, a wavefront corrector, and a control section), and is different from the subject matter common to claims 1-17, 28, 40, 42.

Further, the subject matter common to claims 37-39, 41 is a compensating optical apparatus wherein a deflector, a photodetector, and a wavefront

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00676

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

corrector are formed on the same substrate and the apparatus further comprises a parallel flat dielectric member. Therefore, the subject matter common to claims 37-39, 41 is different from the subject matters common to the other claims.

Consequently, claims 1-17, 28, 40, 42 and claims 18-27, 29-36, claims 37-39, 41 do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B 26/06, G11B 7/125, 7/135

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B 26/06, G11B 7/09 - 7/135

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)
 WPI/L (QUESTEL)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-231234 A (旭光学工業株式会社) 1999. 08. 27, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 4-6, 13, 14, 16, 3, 17, 28 40, 42 7-12, 15
Y		
A		
Y	JP 11-305159 A (セイコーインスツルメンツ株式会 社) 1999. 11. 05, 第20段落, 図7 (ファミリーなし)	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 04. 02

国際調査報告の発送日

14.05.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三橋 健二

2X

9412

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 5079544 A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 1992. 01. 07, 第15段落第40行—第16段落第15行 & JP 3-40693 A	17
Y	JP 2000-182268 A (パイオニア株式会社) 2000. 06. 30, 第41-42段落 全文 (ファミリーなし)	28 40, 42
Y	有賀規, 補償光学の通信・計測への応用, 電子情報通信学会誌, 1997, Vol. 80, No. 12, pp. 1237-1241	18, 20, 23, 26, 27
A	KRISHNAMOORTHY MALI R., et al., Development of microelectromec hanical deformable mirrors for phase modulation of light, OPTICAL ENGINEERING, February 1997, Vol. 36, No. 2, pp. 542-548	1-17, 28, 40, 42
EA	JP 2001-242394 A (パーフェクト ビジョン オ プティシェ ゲレーテ ゲーエムベーハー) 2001. 09. 07., 全文, & US 6220707 A	1-42
X	JP 2000-137926 A (パイオニア株式会社) 2000. 05. 16, 全文 (ファミリーなし)	18, 19
X	JP 10-222856 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998. 08. 21, 全文 (ファミリーなし)	18, 20, 27, 37- 39, 41, 42
Y		21-26, 31-36, 40
A		29, 30
Y	JP 1-253841 A (松下電器産業株式会社) 1989. 10. 11, 図4 (ファミリーなし)	21, 22
Y	JP 2000-235715 A (ソニー株式会社) 2000. 08. 29, 第110段落, 第176-183段落, 図11, 24 (ファミリーなし)	23, 24
Y	JP 11-73658 A (松下電器産業株式会社) 1999. 03. 16, 図3-9 (ファミリーなし)	25

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 790604 A2 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 1997. 08. 20,	26
Y	第7欄第34-37行, 第9欄第57行-第10欄第3行, 全文 & JP 9-282785 A	31-35
Y	JP 9-237425 A (オリンパス光学工業株式会社) 1997. 09. 09, 第65段落 (ファミリーなし)	31-34
Y	JP 10-289468 A (コニカ株式会社) 1998. 10. 27, 第27段落	33, 34
Y	第32段落 (ファミリーなし)	36

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-17、28、40、42に共通な事項は、(複数の駆動部各々が複数の電極、回動部材、作用部材を備える)可変形ミラーである。

一方、請求の範囲18-27および29-36に共通な事項は、複数の検出領域の各々について復路光の波面を検出する波面検出器、波面補正器、制御部を備えた情報装置であることであり、請求の範囲1-17、28、40、42における共通な事項とは異なっている。

さらに、請求の範囲37-39、41に共通の事項は、補償光学装置であって偏向器、光検出器、波面補正器が同一基板上に形成され、平行平板状の誘電部材を更に備えることである。よって、請求の範囲37-39、41に共通の事項は、これ以外の請求の範囲に共通な事項とは異なる。

以上より、請求の範囲1-17、28、40、42、請求の範囲18-27、29-36、請求の範囲37-39、41は、それぞれ互いに単一性の要件を満たしていない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

DERWENT-ACC-NO: 2002-548531

DERWENT-WEEK: 200611

COPYRIGHT 2009 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Variable mirror for various use has drive sections

INVENTOR: MUSHIKA Y; TAKIZAWA T

PATENT-ASSIGNEE: MATSUSHITA DENKI SANGYO KK[MATU] ,
MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD[MATU] ,
MUSHIKA Y[MUSHI] , TAKIZAWA T[TAKII]

PRIORITY-DATA: 2001JP-117845 (April 17, 2001) , 2001JP-021143 (January 30, 2001)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
WO 02061488 A1	August 8, 2002	JA
EP 1365270 A1	November 26, 2003	EN
KR 2003072395 A	September 13, 2003	KO
US 20040061917 A1	April 1, 2004	EN
AU 2002228365 A1	August 12, 2002	EN
JP 2002561998 X	June 3, 2004	JA
CN 1489716 A	April 14, 2004	ZH
JP 3657259 B2	June 8, 2005	JA
US 20050168798 A1	August 4, 2005	EN
US 6952304 B2	October 4, 2005	EN
US 6995897 B2	February 7, 2006	EN

DESIGNATED-STATES: AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY BZ
 CA CH CN CO CR CU CZ DE DK DM DZ EC EE
 ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS
 JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV
 MA MD MG MK MN MW MX MZ NO NZ OM PH PL
 PT RO RU SD SE S G SI SK SL TJ TM TN TR
 TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZM ZW AT BE
 CH CY DE DK EA ES FI FR GB GH GM GR IE
 IT KE LS LU MC MW MZ NL OA PT SD SE SL
 SZ TR TZ UG ZM ZW AL AT BE CH CY DE DK
 ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK
 NL PT RO SE SI TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
WO2002061488A1	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
AU2002228365A1	N/A	2002AU- 228365	January 29, 2002
CN 1489716A	N/A	2002CN- 804323	January 29, 2002
EP 1365270A1	N/A	2002EP- 710376	January 29, 2002
JP2002561998X	N/A	2002JP- 561998	January 29, 2002
JP 3657259B2	N/A	2002JP- 561998	January 29, 2002
EP 1365270A1	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
US20040061917A1	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
JP2002561998X	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
JP 3657259B2	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
US 6952304B2	N/A	2002WO- JP00676	January 29, 2002
US20040061917A1	N/A	2003US- 470685	July 29, 2003
US 6952304B2	N/A	2003US- 470685	July 29, 2003

KR2003072395A	N/A	2003KR- 710035	July 30, 2003
US20050168798A1	N/A	2005US- 088207	March 23, 2005
US 6995897B2	Based on	2005US- 088207	March 23, 2005

INT-CL-CURRENT:

TYPE	IPC DATE
CIPP	G02F1/29 20060101
CIPP	G11B7/125 20060101
CIPS	G02B26/06 20060101
CIPS	G02B26/08 20060101
CIPS	G11B7/00 20060101
CIPS	G11B7/12 20060101
CIPS	G11B7/125 20060101
CIPS	G11B7/13 20060101
CIPS	G11B7/135 20060101
CIPS	G11B7/135 20060101

RELATED-ACC-NO: 2003-663508**ABSTRACTED-PUB-NO:** WO 02061488 A1**BASIC-ABSTRACT:**

NOVELTY - A variable mirror comprises a substrate, a reflector supported by the substrate and changed in the shape of a reflection region, and drive sections which drive independently regions of the reflector and thereby control the distances between the regions and the substrate.

DESCRIPTION - Each of the drive sections comprises electrodes provided on the substrate, a rotary member which rotates on a rotary shaft by being attracted to one selected from among

the electrodes, and a working member which changes the distance between a specific region of the reflector and the substrate with the movement of the rotary member.

USE - Variable mirror for various use

CHOSEN-DRAWING: Dwg.3/26

TITLE-TERMS: VARIABLE MIRROR VARIOUS DRIVE SECTION

DERWENT-CLASS: P81 T03

EPI-CODES: T03-B02B; T03-B02B1;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: 2002-434309